

INSTRUKCJA NANOSZENIA FARB SITODRUKOWYCH PETERS

wersja 1.5 (2015-08-16)

I. ZASADY OGÓLNE

Bezwzględnie podczas pracy z farbą należy unikać promieniowania UV. Zalecana jest praca przy żółtym świetle (żółte oświetlenie LED, żarówka żarowa z żółtą bańką) lub stosowanie żółtych filtrów na źródłach światła (folia, klosz). Ze względu na szkodliwe opary solwentów wchodzących w skład farby zalecana jest praca w dobrze wentylowanym pomieszczeniu z dala od otwartych źródeł ognia.

II. DIAGRAM PROCESU

Ogólny zarys procesu tworzenia soldermaski na powierzchni płytki drukowanej za pomocą farb Peters przedstawia diagram:

PRZYGOTOWANIE FARBY

Składniki mieszać w proporcji A:B = 4:1 (wagowo). Czas mieszania minimum 10-15 minut, aż do uzyskania jednolitej mieszaniny. Należy zwrócić uwagę na właściwe odgazowanie mieszaniny.

OCZYSZCZANIE POWIERZCHNI

Czyścić mechanicznie papierami ściernymi o nasypie 240-400 (max. 600) do uzyskania czystej, suchej, odtłuszczonej i wolnej od tlenków powierzchni. Zalecane jest uzyskanie chropowatości Ra = 1-2 mikrometry.

NANOSZENIE POWŁOKI

Nanosić sitodrukiem, przez sita poliestrowe o gęstości od 32T do 54T (bardzo dobre efekty uzyskuje się sitami o oczkach 60T i 80T) i napięciu ekranu co najmniej 25 N/cm. Używać rakli o twardości 65-75° Shore-A. Kąt przystawienia rakli 75-80°.

ODPAROWYWANIE

Około 10 minut w sposób swobodny, w tunelu powietrznym, lub piecu konwekcyjnym. W temperaturze nie przekraczającej 50°C.

PODSUSZANIE

Podsuszać najlepiej w piecu konwekcyjnym. Pierwsza strona około 15 minut w temperaturze 75°C, druga strona około 30-45 minut w temperaturze 75°C

PROCESOWANIE DRUGIEJ STRONY PCB

Powtarzamy proces nanoszenia, odparowania i podsuszania dla drugiej strony płytki drukowanej jeśli jest wymagana.

NAŚWIETLANIE

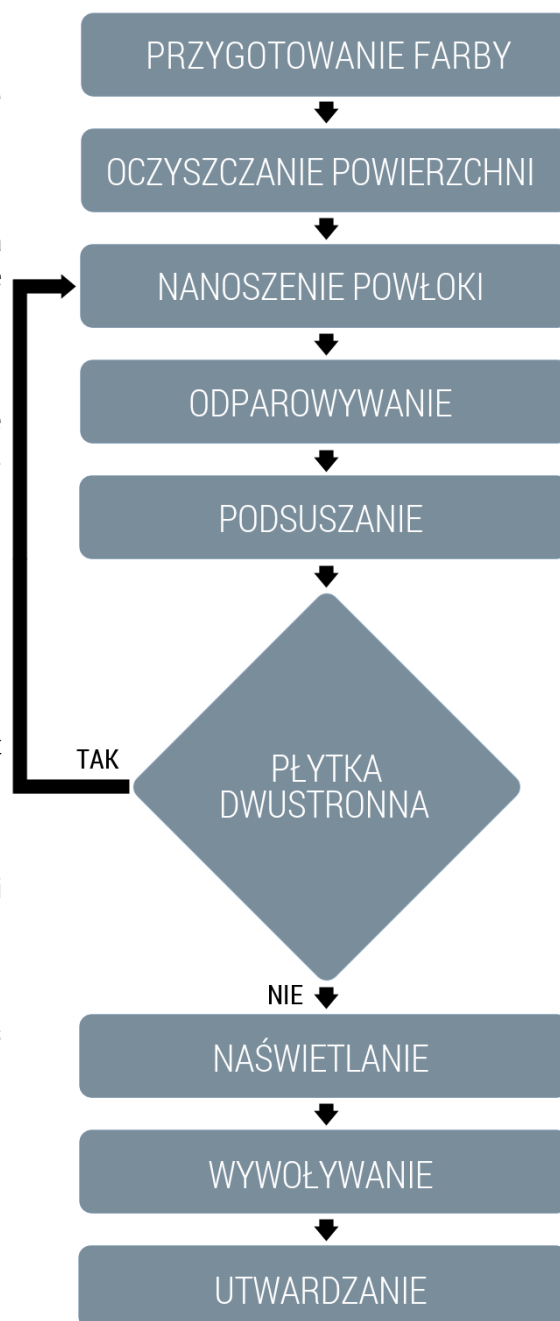
Naświetlać lampami UV o szczytowej długości fali 365nm lub 405-420nm. Czas ekspozycji dobrać doświadczalnie.

WYWOŁYWANIE

Wywoływać w 1% roztworze Na₂CO₃ o temperaturze 28-38°C, przez czas około 50-70 sekund, po czym płytkę dokładnie wyplukać.

UTWARDZANIE

Utwardzać przez 60 minut (od momentu ustabilizowania się temperatury) w piecu konwekcyjnym w temperaturze 150°C. Po czym swobodnie wychłodzić do temperatury pokojowej.



III. PRZYGOTOWANIE FARBY

W pierwszej kolejności należy zadbać by pojemniki ze składnikami podczas przetwarzania miały temperaturę pokojową. Ułatwi to mieszanie (w niskiej temperaturze farba ma większą lepkość). Zapobiega to również ewentualnemu efektowi kondensacji pary wodnej na schłodzonej farbie.

III.A. DOZOWANIE

Dwa składniki farby (Komponent A: Baza oraz Komponent B: Utwardzacz) spakowane są w osobnych pojemnikach we właściwych do zmieszania proporcjach (A:B = 4:1). W przypadku gdy mamy zamiar mieszać jedynie część składników, podczas dozowania należy zachować właściwe proporcje wagowe (A:B = 4:1).

III.B. MIESZANIE RĘCZNE

Mieszanie ręczne nie jest rekomendowane jako najlepsze rozwiązanie, głównie ze względu na jego pracochłonność i ryzyko, że proces mieszania będzie niedokładny lub będzie trwał zbyt krótko, a uzyskana mieszanina nie będzie wystarczająco jednorodna.

Ręczne mieszanie wiąże się również z prawdopodobieństwem, że mieszadło nie wymiesza lakieru z rogów pojemnika w którym farba jest przygotowywana.

Mimo niedogodności, stosowanie mieszania ręcznego jest uzasadnione w przypadku przygotowywania niewielkich porcji farby.

Mieszanie tą metodą należy przeprowadzać skrupulatnie aż do uzyskania jednorodnej mieszaniny składników, upewniając się, że na ściankach pojemnika oraz w jego rogach nie pozostały niewymieszane składniki, nie bacząc na fakt, że jest to proces długotrwały.

Do mieszania ręcznego najlepiej używać okrągłych lub płaskich szpatulek z równymi i gładkimi krawędziami, które pomocne są przy zgarnianiu mieszaniny ze ścianek pojemnika a zarazem łatwo je oczyścić bez utraty materiału. Na mieszadła doskonale nadają się stalowe lub nierdzewne pręty, paski blachy lub kawałek płaskownika, paski laminatu szklanego, i tym podobne. Ze względu na swoją chłonność, należy unikać drewnianych listew.

Po procesie mieszania sugerowane jest odstawienie mieszaniny, na minimum 30 minut. Czas ten pozwala na jej odgazowanie w sposób samoczynny, co zapobiega przed powstawaniem mikro-pęcheżyków na powierzchni lakieru.

Prawidłowo wymieszana farba zachowuje swoją zdatność do użycia do 3 dni, jeśli zachowane zostaną odpowiednie warunki przechowywania (unikanie promieniowania UV, temperatura przechowywania 18°C – 23°C). W przypadku dłuższego składowania mieszaniny przed kolejnym użyciem zalecane jest jej ponowne mieszanie.

III.C. MIESZANIE MECHANICZNE

Jeśli to możliwe do mieszania używaj mechanicznego urządzenia mieszającego z odpowiednim mieszadłem.

Producent zaleca powolne mieszanie mechaniczne mieszadłami przez 15 minut, po czym sugeruje przełożenie do nowego pojemnika i ponowne mieszanie. Minimalizuje to ryzyko naniesienia na wytwarzaną płytkę drukowaną niewymieszanych komponentów farby. W domowych warunkach można uprościć ten proces o ile mieszanina w całej swojej objętości będzie dokładnie wymieszana i jednorodna.

Narzędzia odpowiednie do mieszania mechanicznego to takie które nie tylko pozwalają uzyskać jednorodną mieszaninę (również w narożach pojemnika) ale także nie doprowadzają do nadmiernego jej napowietrzenia.

Domowe miksery kuchenne czy wiertarki (nawet na najniższych obrotach) są nieodpowiednie ponieważ podczas mieszania wtłaczają do mieszaniny zbyt dużą ilość powietrza.

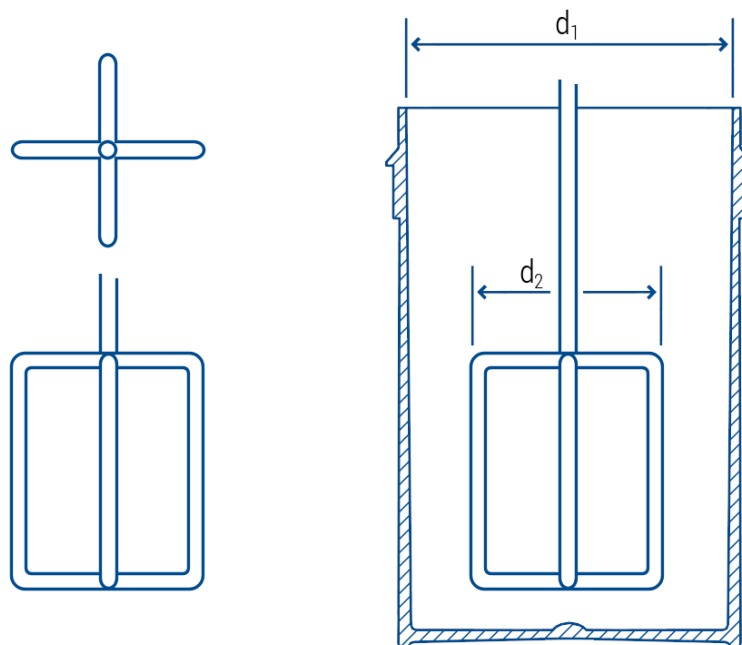
Jako napęd mieszadła w domowych warunkach, może posłużyć na przykład wkrętarka.

Rekomendowane w procesie mieszania mechanicznego są mieszadła koszowe (taką budowę mają na przykład mieszadła do gładzi gipsowych) oraz mieszadła łopatkowe z otworami.

Po procesie mieszania sugerowane jest odstawienie mieszaniny, na minimum 30 minut. Czas ten pozwala na jej odgazowanie w sposób samoczynny, co zapobiega przed powstawaniem mikro-pęcheżyków na powierzchni lakieru.

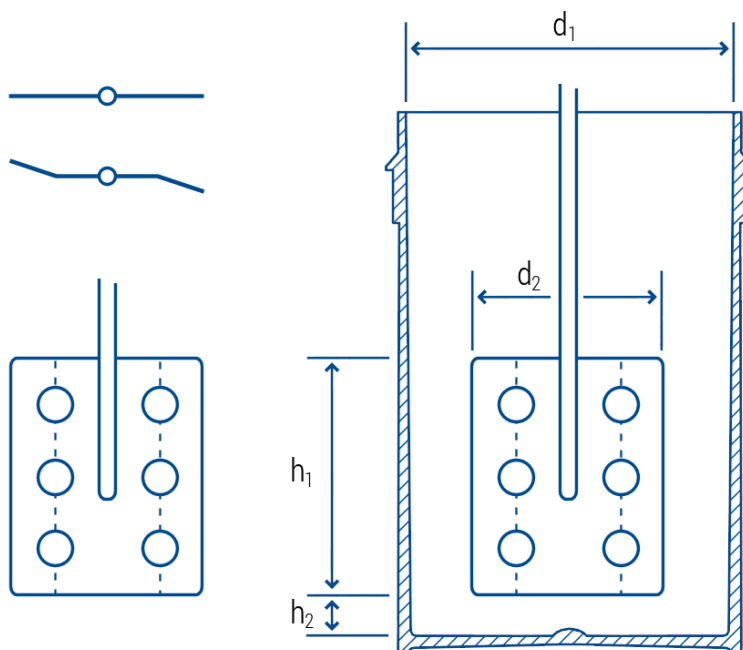
MIESZADŁO KOSZOWE

Sugerowana średnica mieszadła koszowego, jest zależna od średnicy pojemnika mieszalnika. W praktycznych zastosowaniach optymalną konfiguracją jest zastosowanie mieszadła, którego średnica stanowi 1/3 średnicy pojemnika. Wysokość kosza mieszadła nie powinna przekraczać jego średnicy.



MIESZADŁO ŁOPATKOWE Z OTWORAMI

Sugerowana szerokość mieszadła łopatkowego jest zależna od średnicy pojemnika mieszalnika. Zalecane jest stosowanie mieszadła, którego szerokość stanowi około 2/3 średnicy pojemnika ($d_2/d_1=0,6$). Wysokość to 1 1/4 jego szerokości ($h_1/d_2=1,25$) a odległość krawędzi mieszadła od krawędzi dna pojemnika powinna stanowić 1/5 szerokości mieszadła ($h_2/d_2=0,2$). Taka konfiguracja została przetestowana przez producenta i uznana jako skuteczna.



III.D. REGULACJA LEPKOŚCI – ROZCIĘCZANIE

W razie potrzeby istnieje możliwość rozcieńczenia mieszaniny, do uzyskania odpowiedniej konsystencji. Do tego procesu można użyć wyłącznie dedykowanego rozcieńczalnika o oznaczeniu V 2467 SD. Rozcieńczalnik ten należy stosować z umiarem, by nie doprowadzić do utraty własności mechanicznych powłoki, jak również nie doprowadzić do nadmiernego wydłużenia procesów poduszania i suszenia w kolejnych krokach technologicznych.

III.E. ODGAZOWYWANIE FARBY (OPCJONALNIE)

Powietrze, które zostało wmieszane, w farbę podczas mieszania (ujawniające się przez nadmierne spienienie) może mieć negatywny wpływ na końcowe właściwości powłoki. Dlatego też jak już wcześniej wspomniano, należy zwrócić na to szczególną uwagę podczas mieszania.

Jeśli podczas procesu mieszania farba została mocno napowietrzona, i pęcheżyki powietrza nie uszły z farby w sposób samoczynny producent zaleca stosowanie odgazowywania wymuszonego w komorze próżniowej.

W domowych warunkach można ten etap pominąć lub w prosty sposób przeprowadzić z użyciem sprężarki lodówkowej i szczelnego pojemnika. Najlepiej do tego celu nadają się pojemniki metalowe z grubej blachy (np: stalowe lub aluminiowe garnki, kawałek rury grubościennej z zaślepionym jednym końcem). Stanowczo odradzamy stosowanie pojemników ze zbyt cienkiej blachy (próżnia powoduje ich zapadanie się) oraz pojemników szklanych i ceramicznych (wysokie ryzyko implozji).

IV. OCZYSZCZANIE POWIERZCHNI

Obróbka wstępna powierzchni PCB, a w szczególności powierzchni miedzi ma istotny wpływ na właściwości i odporność nakładanej później powłoki. Ma to znaczenie bez względu na to czy nanoszona powłoka to rezyst stosowany podczas metalizacji, rezyst stosowany podczas trawienia czy finalnie maska lutownicza. Istotne jest to, że naniesiona powłoka musi dobrze przylegać do podłoża w celu spełnienia wymagań dotyczących odporności, izolacji, długiej żywotności i spełniania innych norm zgodnie z przeznaczeniem.

Wymagania dotyczące żywotności materiałów stosowanych na powłoki ochronne przed trawieniem i metalizacją są stosunkowo niskie i wymagane odporności są na ogół łatwe do osiągnięcia. Wymagania stawiane masce lutowniczej są znacznie wyższe w wielu aspektach i dotyczą jej odporności na warunki klimatyczne, udary mechaniczne i ciepłe (zwłaszcza podczas procesów wykańczania powierzchni: lutowanie ołowione i bezołowiowe, chemiczne nakładanie powłok cynowych, i tym podobne).

Ponieważ wymienione wyżej wymagania stawiane gotowej powłoce, ściśle wiążą się z jej przyczepnością do podłoża, wybór skutecznej metody czyszczenia ma istotny wpływ na właściwości i jakość PCB. Z tego też względu, procesu czyszczenia płytki drukowanej realizowanego bezpośrednio przed nakładaniem maski lutowniczej nie powinno się wykonywać pobieżnie.

Czyszczenie PCB pozwala na uzyskanie optymalnych warunków do zastosowania maski lutowniczej (dobra przyczepność farby do podłoża uzależniona jest od chropowatości powierzchni), a także usunięcie potencjalnej warstwy tlenkowej i pozostałości po procesach poprzedzających nakładanie powłoki (metalizacja, trawienie, wiercenie). Zazwyczaj średnia chropowatość powierzchni Ra (z ang: roughness average) na poziomie 2 mikrometrów (0,8 - 1,2 mikrometrów dla elastycznego laminatu) są wystarczające do uzyskania optymalnych rezultatów.

Proces obróbki poprzez czyszczenie zaokrągla również ostre krawędzie i narożniki ścieżek. Ponieważ promień narożników jest odwrotnie proporcjonalny do stopnia w jakim farba cofa się od narożników, zaokrąglone krawędzie zapewniają korzystniejszy rozkład powłoki i lepsze pokrycie krawędzi. Zaokrąglenie krawędzi jest możliwe tylko za pomocą mechanicznych metod obróbki.

Czyszczenie może odbywać się w dwojaki sposób, jako obróbka mechaniczna lub obróbka chemiczna. W niektórych przypadkach, obróbka metodami chemicznymi i mechanicznymi są połączone.

Jak w przypadku wszystkich procesów, każda z metod obróbki wstępnej ma swoje zalety i wady, które zostały krótko opisane poniżej. Ich wybór zależy od wielu czynników, z których część posiada tło czysto ekonomiczne. W domowych adaptacjach obróbki wstępnej trzeba się również liczyć z faktem, że innym kluczowym kryterium wyboru jest dostępność materiałów eksploatacyjnych, za pomocą których możliwe jest ich przeprowadzenie. W związku z tym, wybór powinien nastąpić dopiero po uwzględnieniu wszystkich aspektów.

W domowych warunkach wybór metody jest ograniczony, i w większości przypadków będzie ona bazowała na metodach mechanicznych, poddanych znacznym uproszczeniom (nie tylko ze względów ekonomicznych, ale również dlatego, że w rozwiązaniach przeprowadzanych na małą skalę nie ma potrzeby wprowadzania automatyzacji procesów).

IV.A. MECHANICZNE METODY CZYSZCZENIA

Mechaniczne metody czyszczenia należą do tradycyjnych rodzajów obróbki wstępnej, które zasadniczo można podzielić na czyszczenie za pomocą szczotek i czyszczenia przez natrysk materiałów ściernych. Obróbka wstępna tą metodą powoduje mechaniczne usunięcie resztek organicznych i warstwy tlenków z powierzchni płytki drukowanej z jednoczesnym uzyskaniem chropowatości powierzchni, zapewniającej dobrą przyczepność powłoki.

Parametry powierzchni uzyskiwane podczas czyszczenia mechanicznego, są ściśle związane z parametrami oraz specyfiką przeprowadzanego procesu, i w tym zakresie wystąpić mogą znaczne różnice.

Podczas czyszczenia (zależnie od parametrów i specyfiki procesu) ścieraniu ulega pewna ilość miedzi (zazwyczaj do 2 mikrometrów).

CZYSZCZENIE PRZEZ NATRYSK ŚCIERNIWA (PUMEK, KORUND)

Czynnikiem roboczym jest mieszanina wody i mielonego pumeksu rozpylanego pod wysokim ciśnieniem na powierzchnię PCB za pomocą szeregu dysz. Ta metoda obróbki wstępnej tworzy jednolitą, gładką powierzchnię. Ponieważ cząstki pumeksu są zwykle dość okrągłe i niezbyt twarde, w procesie starta jest minimalna ilość miedzi. Ze względu na niską chropowatość powierzchni jaką uzyskuje się w efekcie tego procesu, nie tworzy ona szczególnie dobrej bazy do późniejszego stosowania maski lutowniczej.

Lepsze wyniki osiąga się przez połączenie tej metody z metodami chemicznymi lub natrysk korundu (tlenek aluminium) zamiast zmielonego pumeksu.



Powierzchnia miedzi po czyszczeniu strumieniem pumeksu (powiększenie 2500x)
(© IS International Supplies s.r.l., Italy)



Powierzchnia miedzi po czyszczeniu strumieniem korundu (powiększenie 2500x)
(© IS International Supplies s.r.l., Italy)

Znacznie twardszy korund i jego cząstki o ostrych krawędziach pozwalają uzyskać na powierzchni płytki znacznie większą chropowatość powierzchni, dzięki czemu może być osiągnięta optymalna przyczepność dla nakładania maski lutowniczej. Im mniejszej średnicy otwory znajdują się w płytce drukowanej tym większe ryzyko ich zatykania się w trakcie procesu, dlatego też po zakończeniu czyszczenia, płytki drukowane muszą być płukane wodą pod wysokim ciśnieniem, przy ciśnieniu wody do 100 bar w celu usunięcia pozostałości ścierniwa z otworów.

Ponieważ czyszczenie strumieniem ścierniwa wymaga przenoszenia mieszaniny substancji stałych i cieczy pod wysokim ciśnieniem za pomocą przewodów i dysz, sprzęt czyszczący często wykazuje oznaki zużycia po stosunkowo krótkim czasie.

SZCZOTKOWANIE Z UŻYCIEM ŚCIERNIWA (PUMEK, KORUND)

Podobnie jak w przypadku czyszczenia strumieniem ścierniwa tak i w tej metodzie jako czynnika roboczego używa się pumeksu. Jednakże, w przeciwieństwie do czyszczenia strumieniem mieszanina pumeksu rozprawdzona jest na płytce w sposób ciągły pod stosunkowo niskim ciśnieniem. Proces czyszczenia powierzchni miedzi wymuszony jest przez wirujące szczotki nylonowe. W efekcie powierzchnia jest znacznie lepsza a równomierna jej chropowatość, o bardzo dobrej przyczepności stanowi doskonałą bazę do stosowania maski lutowniczej. Podobnie jak w metodzie natryskowej po czyszczeniu płytki drukowane muszą zostać wypłukane w wodzie pod ciśnieniem aby usunąć wszelkie pozostałości pumeksu.

W celu dalszej poprawy przyczepności możliwe jest również użycie korundu zamiast pumeksu, należy się jednak spodziewać szybszego zużycia urządzenia.



Powierzchnia miedzi po szcztokowaniu pumeksem (powiększenie 2500x)
(© IS International Supplies s.r.l., Italy)



Powierzchnia miedzi po szcztokowaniu korundem (powiększenie 2500x)
(© IS International Supplies s.r.l., Italy)

W przypadku metod czyszczenia strumieniem ścierniwa oraz szcztokowania z użyciem ścierniwa, kłopotliwy jest dalszy przerób użytej zawiesiny roboczej. Fragmenty miedzi i inne zanieczyszczenia pozostałe po procesie obróbki wstępnej odfiltrowuje się z zawiesiny w oddzielnym procesie (wirówka), a następnie kieruje z powrotem do obiegu. Proces ten jest uproszczony, gdy stosuje się korund.

Stężenie zawiesiny pumeksu powinno wynosić między 10 a 16%. Zazwyczaj wynosi ono około 12%. Podobne stężenia obowiązują w przypadku stosowania korundu.

Stosowanie korundu w procesie czyszczenia ma taką zaletę, że można go zakupić w różnych gatunkach i kształtach umożliwiającą dostosowanie parametrów procesu czyszczenia do własnych indywidualnych wymagań.

Pumeks również dostępny jest w różnych klasach rozmiaru, ale ze względu na swoją niewielką twardość, jego cząstki szybko się zużywają i istnieje konieczność jego częstszej wymiany.

SZCZOTKOWANIE

Czyszczenie poprzez szcztokowanie polega na stosowaniu różnego rodzaju szcztok impregnowanych różnego rodzaju ścierniwami. Ze względu na duże prędkości obrotowe szcztok i możliwość regulacji nacisku szcztoki na powierzchnię PCB, uzyskuje się bardzo dobrą chropowatość powierzchni oraz dobrą adhezję maski lutowniczej do podłoża. Wraz z ruchem obrotowym szcztoki mogą być wprowadzone jej oscylacje w kierunku poprzecznym do kierunku podawania obrabianych płytek. Oscylacja zapewnia równomierne zużycie szcztok i uzyskuje się bardziej jednolitą chropowatość.

Istnieje bardzo wiele różnych rodzajów szcztok o szerokim wachlarzu parametrów, a także wiele różnych parametrów podczas ich eksploatacji (takich jak siła nacisku, amplituda, posuw czyszczonej powierzchni, itp.), a efekt szcztokowania zależy bardzo mocno od doświadczenia w ich doborze.

Chropowatość, jednorodność i przyczepność maski lutowniczej uzyskana w tej metodzie jest bardzo dobra. Główną wadą tej metody jest natomiast fakt, że odległość między szcztokami należy dostosować indywidualnie dla każdej grubości płytek drukowanych.

IV.B. CHEMICZNE METODY CZYSZCZENIA

Liczba metod wstępnej obróbki chemicznej dostępnych na rynku jest ogromna i jest stosunkowo trudna do bezpośredniego sklasyfikowania. W związku z tym, chemiczne metody obróbki wstępnej są podzielone na metody ubytkowe „microetching”, które zwykle mają niewielki wpływ na topografię powierzchni i metody przyrostowe „build-up”, których efektem jest silna zmiana w topografii powierzchni.

MIKROTRAWIENIE (MICROETCHING)

Termin „microetching” ogólnie klasyfikuje wszystkie metody czyszczenia gdzie miedź obrabiana jest za pomocą kwasów (np. mieszaniną kwasu siarkowego i perhydrolu - $H_2SO_4 + H_2O_2$) oraz innych substancji chemicznych (np. nadsiarczanu sodu - $Na_2S_2O_8$).

Miedź jest ścierana równomiernie w przedziale od 0,8 - 1,2 mikrometra. Oznacza to, że proces mikrotrawienia zwykle ma bardzo niewielki wpływ na topografię powierzchni, a chropowatość powierzchni w tym procesie zależy w głównej mierze od chropowatości płytki drukowanej przed procesem.

Proces mikrotrawienia nie jest w stanie zaokrąglić krawędzi ścieżek, a ponieważ reaguje jedynie z miedzią może usunąć jedynie warstwę tlenków, oraz ewentualne zanieczyszczenia organiczne, takie jak odciski palców, skuteczność mikrotrawienia w procesie przygotowania powierzchni pod maskę lutowniczą jest zatem ograniczona.

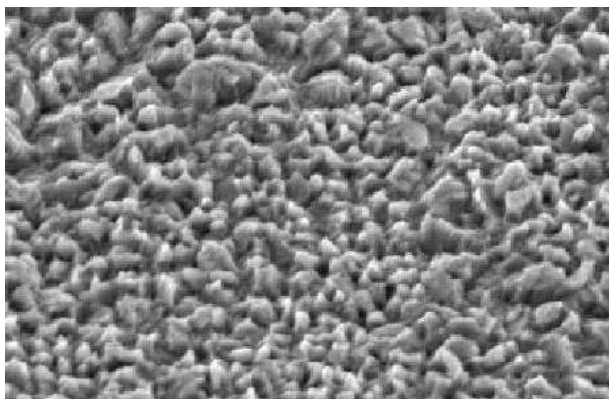
METODY PRZYROSTOWE (BUILD-UP)

Procesy chemiczne przyrostowe obejmują te metody w których warstwa tlenku jest systematycznie tworzona lub, gdy nie zachodzi jednolite ścieranie miedzi.

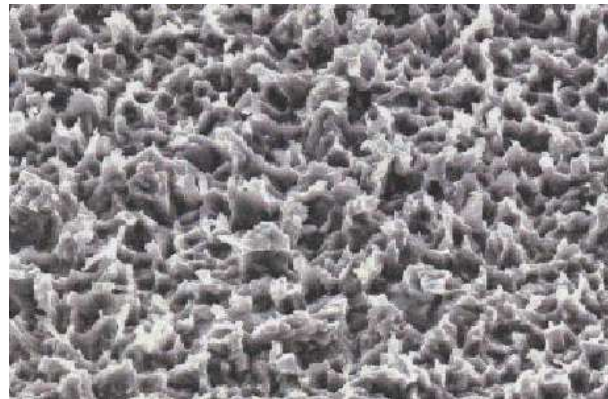
Są to procesy wykorzystujące specjalne zasady trawienia (na czarny i brązowy tlenek, dostępne pod różnymi nazwami handlowymi). Wszystkie te metody mogą dokonywać istotnych zmian w topografii i chropowatości powierzchni. Początkowo sposoby te są stosowane do obróbki wstępnej wewnętrznych warstw płytek wielowarstwowych, w których wymagana jest bardzo dobra przyczepność pomiędzy poszczególnymi warstwami podczas ich laminowania. Obecnie stały się również skutecznymi metodami do wstępnej obróbki płytek drukowanych przed zastosowaniem maski lutowniczej.

Choć procesy te odgrywają mniejszą rolę w obróbce wstępnej PCB przed nakładaniem maski lutowniczej, to sprawdzają się w coraz większej liczbie konfiguracji produkcyjnych. Metody te działają na zasadzie trawienia granic ziaren (procesy podobne do tych jakie zachodzą podczas trawienia zglądów metalograficznych), dzięki czemu możliwe jest uzyskanie bardzo dobrej chropowatości powierzchni, co prowadzi do doskonałej przyczepności stosowanej maski lutowniczej.

Poniższe zdjęcia przedstawiają struktury powierzchni po mikrotrawieniu (na przykładzie trawienia kwasem) i trawienia granic ziaren (w tym przypadku MECetchBOND MEB):



Powierzchnia miedzi po mikrotrawieniu (powiększenie 3500x)
(© MEC Europe NV, Gent, Belgium)



Powierzchnia miedzi po trawieniu granic ziaren (powiększenie 3500x)
(© MEC Europe NV, Gent, Belgium)

IV.C. ADAPTACJE METOD CZYSZCZENIA W WARUNKACH DOMOWYCH

Jak wspomniano na początku rozdziału, w domowych adaptacjach wyżej wymienionych metod, kluczowym kryterium wyboru są warunki ekonomiczne oraz dostępność materiałów eksploatacyjnych za pomocą których możliwe jest ich przeprowadzenie. Procesy czyszczenia (zwłaszcza te mechaniczne) to operacje które realizowane na małą skalę można znacząco uprościć. Przystępując do procesu czyszczenia z powodzeniem można zrezygnować z użycia drogich wałków nylonowych, ścierniw pumeksowych, natrysku pod ciśnieniem, i ograniczyć się jedynie do zastosowania papieru lub płótna ściernego o określonej gradacji.

W warunkach przemysłowych grubość zdejmowanej powierzchni miedzi, określona jest przez parametry procesu (nacisk, ciśnienie, posuw, prędkość obrotowa, czas itp.) i są zazwyczaj stałe. W przypadku metod domowych kontrola nacisku oraz jego jednostajność podczas obróbki całej powierzchni płytki spoczywa w ludzkich rękach.

Maskę lutowniczą można również nakładać na powierzchnię oczyszczoną w sposób typowy dla obróbki przygotowawczej przed nanoszeniem emulsji światłoczułej POSITIV20, laminowaniu rezystu czy nakładaniem mozaiki ścieżek metodą „żelazkową”. Obróbka w tych przypadkach ogranicza się zazwyczaj do oczyszczenia powierzchni miedzi, drobnym papierem wodnym, zmywakiem do naczyń i mleczkiem do czyszczenia, a następnie odtłuszczeniu jej za pomocą alkoholu izopropylowego (IPA), acetonu lub innego rozpuszczalnika. W ten sposób otrzymujemy powierzchnię wolną od tlenków, ale w niektórych przypadkach trzeba się liczyć z faktem, że trwałość maski lutowniczej nałożonej na powierzchnie o tak małej chropowatości w niektórych przypadkach może okazać się niewystarczająca.

W przypadku stosowania papieru ściernego jako medium czyszczącego, podstawowym parametrem jest jego gradacja. To jakiej gradacji będziemy mogli użyć zależy od siły nacisku czy stopnia zużycia warstwy ścierniej (nasypu papieru ściernego).

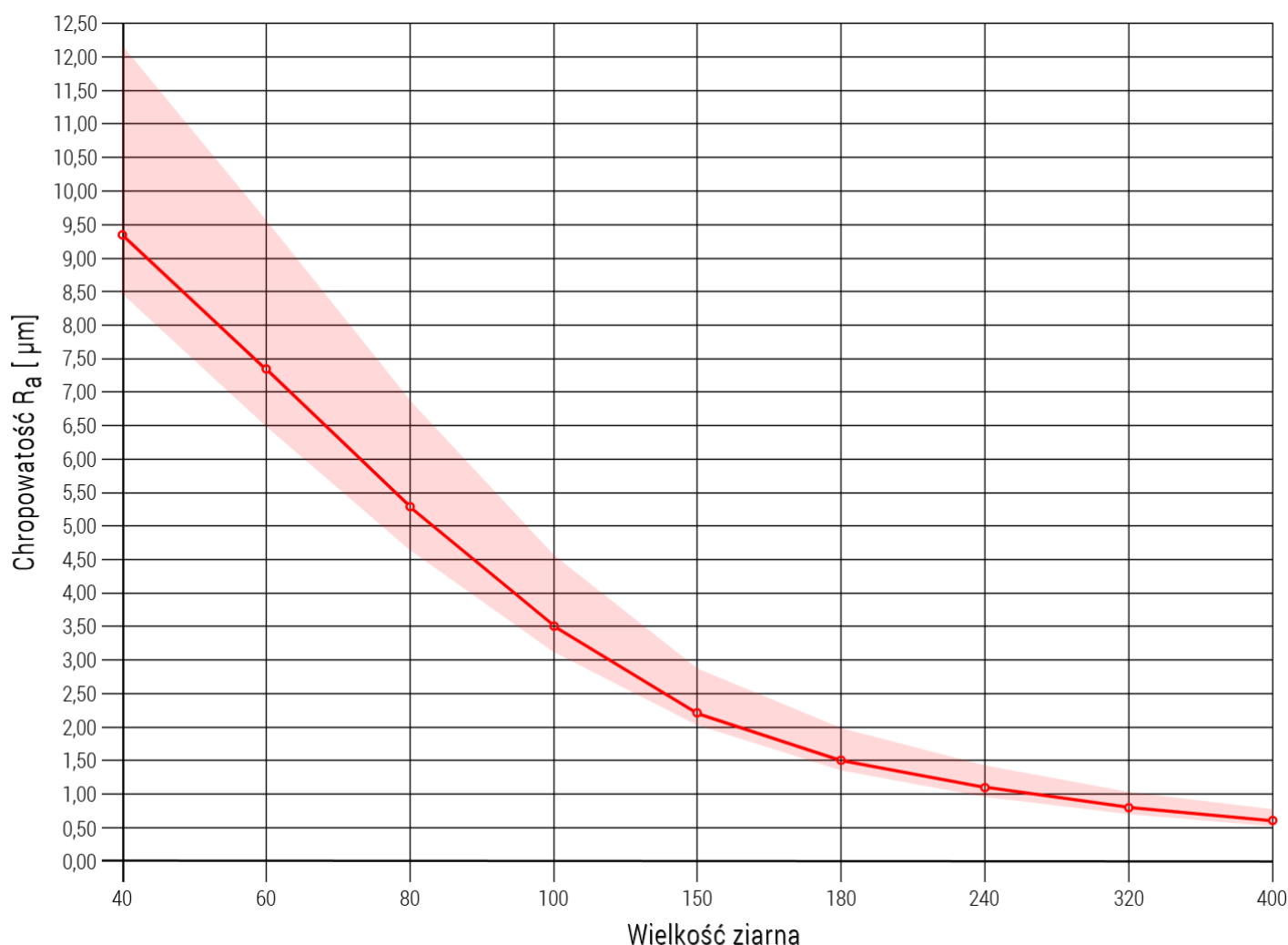
W domowych warunkach trudny, a zazwyczaj niemożliwy jest pomiar siły nacisku podczas obróbki, a także pomiar chropowatości powierzchni, dlatego najprostszym sposobem na wypracowanie kompromisu na podstawie samodzielnie przeprowadzonych testów z różnymi gramaturami papieru (lub płótna) ściernego, a następnie bazowanie na tym doświadczeniu w przyszłości.

Na podstawie własnych doświadczeń stwierdzono, że dobre własności przyczepności uzyskamy przy papierze o gradacji 240-400 (do maksymalnie 600) i średnim nacisku podczas szlifowania. Uzyskujemy w ten sposób powierzchnię złożoną z szeregu drobnych rysek o niewielkiej głębokości zauważalnych gołym okiem (i wyczuwalnych pod palcem), a starciu ulega stosunkowo mała ilość miedzi.

Użycie papierów ściernych o gradacji mniejszej niż 240, również nie jest wykluczone pod warunkiem stosowania zdecydowanie mniejszego nacisku. Wiąże się to również z faktem, że sam proces będzie musiał trwać nieco dłużej i będzie wymagał większej ostrożności, by nie doprowadzić do zbyt dużego ubytku miedzi.

Po użyciu papieru/płótna ściernego o gramaturze powyżej 600 uzyskujemy stosunkowo gładką powierzchnię, której chropowatość może się okazać niewystarczająca do uzyskania parametrów wytrzymałości maski lutowniczej deklarowanej przez producenta. Nie oznacza to jednak, że nie spełnią one relatywnie mniejszych wymagań użytkownika domowego.

To czy podczas szlifowania stosujemy koliste ruchy, czy też ruchy posuwisto zwrotne, jest już kwestią wyboru. Jednak z teoretycznego punktu widzenia, w przypadku stosowania ruchów kołowych uzyskamy bardziej jednorodną powłokę na całej powierzchni płytki. Mniejsze jest również ryzyko starcia większej grubości miedzi.



Teoretyczna zależność pomiędzy gradacją nasypu ściernego a chropowatością powierzchni podczas obróbki miękkich metali nieżelaznych (w tym miedzi)
(© PFERD, http://www.pferd.com/images/Katalog_204_72dpi.pl.pdf)

V. NANOSZENIE POWŁOKI

Maskę lutowniczą w zależności od typu emulsji, można nakładać na wiele sposobów, między innymi w strumieniu farby (pokrywanie kurtynowe), natryskowo (tradycyjnie, elektrostatycznie), lub za pomocą sitodruku (w zależności od rodzaju farby sitodrukowej, przez sito z maską lub przez otwarte sito – apłę). W ramach dokumentu skupimy się na metodzie sitodruku.

Sitodruk jest procesem druku kontaktowego, w którym farba jest przenoszona na powierzchnię przez siatkę sitodrukową za pomocą rakli

Rakla to narzędzie ręczne lub element w maszynie, służący do przeciskania farby przez oczka siatki sitodrukowej. W przypadku sitodruku rakle wykonane są z pasa twardej gumy, o profilu i twardości zależnej od stosowanej metody sitodruku.

Siatki sitodrukowe to tkaniny (nylon, poliester, dawniej jedwab) lub siatki stalowe rozpięte na ramach drewnianych lub metalowych (stal, aluminium) z określoną siłą naciągu. Podobnie jak w przypadku rakli tak i w przypadku ram sitodrukowych jej parametry dobiera się zależnie do stosowanej odmiany procesu (siła naciągu siatki, rodzaj materiału siatki, rodzaj materiału ramy, rozmiar oczka siatki).

V.A. PRZEMYSŁOWE METODY NANOSZENIA POWŁOKI METODĄ SITODRUKU

SITODRUK DWUSTRONNY (POZIOMY)

Dwustronna aplikacja emulsji za pomocą sitodruku poziomego przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego stopnia bezpieczeństwa procesu można osiągnąć tylko za pomocą specjalnego urządzenia do sitodruku.

W metodzie spód płytki obwodu drukowanego jest mocowany podciśnieniowo podczas procesu drukowania (poduszka powietrzna). Obciążenie to może niestety spowodować uszkodzenie pierwszej strony płytki drukowanej. Pierwsza strona PCB podczas druku drugiej strony jest narażona na wzrost podcięcia i w ten sposób niższe rozdzielczości. Naniesienie dwustronnej powłoki „mokre na mokre” jest możliwe tylko wtedy, gdy druga strona PCB pokrywana jest po uprzednim umocowaniu jej w specjalnym adapterze, w postaci szpilek. Szpilki te gwarantują zachowanie dystansu od podłoża i ustalają pozycję płytki w określonym położeniu).

SITODRUK DWUSTRONNY (PIONOWY)

Proces pionowego sitodruku pozwala na jednoczesne pokrycie obu stron płytki drukowanej. Realizowany jest jako proces półautomatyczny lub automatyczny i w przemyśle dostępny jest dla wielu różnych grubości i rozmiarów paneli płytek obwodów drukowanych. W półautomatycznych systemach sekcja druku jest w pełni automatyczna, a załadunek i rozładunek odbywa się w sposób ręczny. W automatycznych systemach urządzenia posiadają dodatkowo systemy automatycznego załadunku i rozładunku.

W metodzie tej całkowicie jednolitą powłokę na obu stronach płytek drukowanych uzyskuje się w jednym przebiegu. Ze względu na stosunkowo płaski kąt rakli w połączeniu z bardzo wysokim dociskiem do PCB, zapewnia dobre pokrycie również w przypadku wysokich i gęsto upakowanych ścieżek przewodzących. Jednoprzebiegowy charakter procesu, oznacza również oszczędność czasu (zbędny jest proces wstępnego podsuszania pierwszej warstwy przed nakładaniem drugiej warstwy).

SITODRUK JEDNOSTRONNY

W procesie jednostronnego sitodruku, pierwsza strona płytki drukowanej pokrywana jest emulsją w sposób automatyczny, następnie jest podsuszana, naświetlana przez maskę negatywową, wywoływana i utwardzana. Ewentualna druga strona płytki drukowanej jest pokrywana w ten sam sposób, po całkowitym ukończeniu tego procesu dla pierwszej strony. Produkcja płytek drukowanych według tego schematu nie jest zazwyczaj stosowana, ponieważ cykl utwardzania wywoływania oraz naświetlania należy przeprowadzić dwukrotnie dla każdej ze stron osobno i przez to proces uzyskania gotowej płytki drukowanej znacznie się wydłuża. W przypadku płytek drukowanych dwustronnych zalecane jest postępowanie zgodne z ogólnym diagramem procesu (patrz rozdział II), gdzie po odparowaniu i wstępnym podsuszeniu emulsji nakładamy emulsję na drugą stronę PCB. Proces naświetlania, wywoływania i utwardzania przebiega w tym przypadku w jednym przebiegu dla obu stron jednocześnie.

V.B. RĘCZNE NANOSZENIE POWŁOKI METODĄ SITODRUKU

Przebieg procesu jest łądząco podobny do sitodruku jednostronnego. Jediną istotną różnicą jest brak systemów automatycznych prowadzących rakle i kontrolujących jej nacisk, a władzę nad procesem posiada operator. Podobnie jak w przypadku procesów automatycznych sitodruku tak i w przypadku sitodruku ręcznego wymagane są określone parametry rakli oraz ramy sitodrukowej.

RAKLA SITODRUKOWA

Rakle podczas procesu sitodruku ręcznego powinny mieć twardość 65-75 stopni w skali Shore'a i profil prostokątny. W przypadku nanoszenia emulsji maski lutowniczej bardzo dobre efekty uzyskuje się stosując gumę raklową o twardości 75 stopni w skali Shore'a.

Nadruk emulsji na całą powierzchnię płytki drukowanej musi być przeprowadzany w jednym przejściu, oznacza to, że szerokość rakli należy dobrać tak by zagwarantować niewielki margines z każdej strony (minimum 1,5-2,0 centymetry). Jeśli wymiary wykonywanych płytek mają duży rozrzut wymiarowy, sugerowane jest posiadanie rakli o równych wymiarach dopasowanych do wykonywanych płytek. (na przykład : 10, 15 i 25 cm)

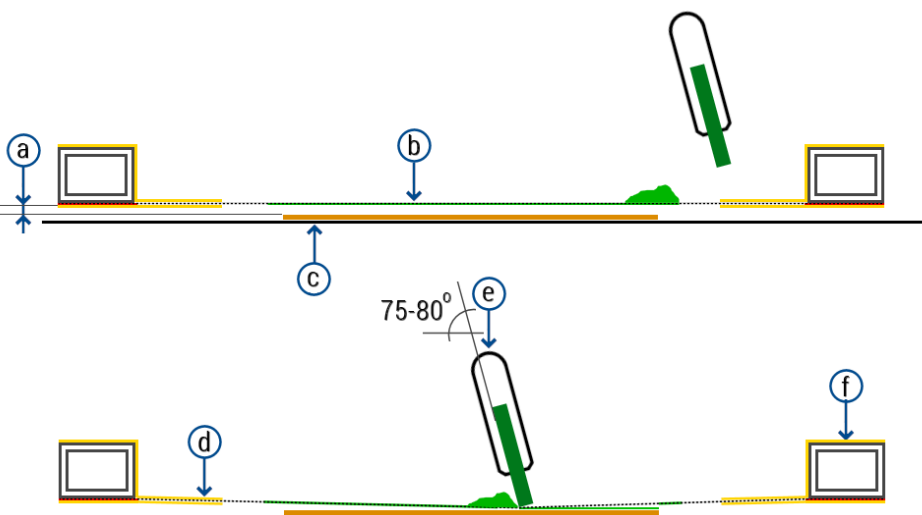
RAMA SITODRUKOWA Z SIATKĄ

Rama sitodrukowa do druku ręcznego wg zaleceń producenta emulsji powinna być siatką o oczkach od 32-100 do 54-64 (według starego nazewnictwa od 32T do 54T) i napięciu ekranu co najmniej 25 N/cm. W praktyce bardzo dobre efekty uzyskuje się również podczas sitodruku z użyciem siatek o oczkach 60T i 80T, przy jednoczesnym zachowaniu dobrych parametrów wytrzymałości oraz stosunkowo krótkich czasów podszuszenia (wyższy indeks siatki to cieńsza warstwa nanoszonej sitodrukiem farby).

PRZEBIEG PROCESU

Soldermaskę foto-obrazową nanosi się na powierzchnię płytki drukowanej przez otwarte sito (sito bez maski, tak zwana APLA), dlatego też nie są wymagane dodatkowe materiały eksploatacyjne, a sam proces sitodruku sprowadza się do niezbędnego minimum. Fakt, że sito nie posiada na swojej powierzchni wzorów maski dedykowanej dla jednej określonej płytki drukowanej (lub jej grupy), sprawia, że jest to narzędzie uniwersalne, i przy zachowaniu jego czystości po zakończonym zadruku płytki (lub ich partii), możliwe jest jego ponowne użycie bez żadnych dodatkowych zabiegów (także dla farb o innym kolorze, czy do wykonywania warstwy opisowej). w przeciwieństwie do sitodruku farbami tradycyjnymi (utwardzanymi w UV i termo utwardzalnymi), użycie emulsji foto-obrazowej ma również taką zaletę, że rozdzielczość wzoru jaki chcemy wykonać na finalnej płytce drukowanej, nie zależy od wielkości oczka siatki.

By zapewnić dobre pokrycie płytki emulsją, sugerowane jest rozprowadzenie farby po siatce sitodrukowej przed właściwym przeciąganiem rakli nad powierzchnią PCB. Rozprowadzanie farby wykonujemy samą raklą przesuując ją po siatce raz z jednej raz z drugiej strony, proces rozprowadzania należy zakończyć przejazdem od strony, która będzie miała bezpośredni kontakt z powierzchnią płytki. Taki zabieg można stosować wyłącznie w przypadku sitodruku przez całkowicie otwartą siatką (w przypadku sitodruku przez siatkę z emulsją maskującą, robocza strona sita musi pozostać zawsze czysta, jest to priorytet do uzyskania prawidłowego druku).



Przebieg procesu sitodruku (a – odskok, b – emulsja, c – płytka drukowana ułożona na podłożu, d – siatka sitodrukowa, e – rakla, f – rama sitodrukowa, g – minimalny margines pomiędzy obszarem zadruku a oknem ramy, h – zabezpieczenie ramy przed podsiągnięciem farby);

(© PROFOLIO Wojciech Daszczyk)



Podczas właściwego procesu nakładania emulsji, raklę należy prowadzić zdecydowanym ruchem i utrzymywać możliwie najmniejszy nacisk na siatkę w celu uniknięcia sączenia się farby na krawędziach ścieżek przewodzących i nadmiernego wypełnienia otworów emulsją. Kąt natarcia rakli na siatkę powinien wynosić typowo 75-80°.

Podczas nakładania emulsji na płytkę PCB, należy pamiętać o tak zwanym „odskoku”, czyli dystansowi pomiędzy powierzchnią płytki a powierzchnią siatki,

w pozycji swobodnej. Dzięki obecności tego odstępu, kontakt siatki z płytką i zarazem transfer farby zachodzi wyłącznie wtedy gdy wymusza to nacisk rakli. Gdy nacisk ustępuje siatka automatycznie odrywa się od powierzchni płytki pozostawiając cienką i gładką powłokę emulsji. Dystans można zapewnić przez naklejenie na stole roboczym (lub, na rogach ramy) pasków z tektury lub laminatu szklanego. Wartość odsłonu warto dobrać indywidualnie, w zależności od potrzeb, tak by przebieg procesu nie był problematyczny. Przykładowo podczas sitodruku płytki o wymiarach 10x10cm na ramie formatu 50x60cm, egzamin zdaje odsłok o wartości 5-7mm, a dla małych ramek 20x30cm przeznaczonych do zadruku niewielkich PCB odsłok o wartości 1,0-1,5mm jest wystarczający.

Podczas procesu bardzo ważne jest zachowanie minimalnego marginesu pomiędzy obszarem zadruku a oknem ramy sitodrukowej. Margines ten zapewnia siatce możliwość swobodnego odkształcania się, podczas przejazdu rakli, i zapobiega zerwaniu siatki. Sugerowany margines to około 10-15cm z każdej strony dla ramy o polu zadruku formatu A4.

Innym istotnym elementem jest właściwe mocowanie pokrywanej PCB do powierzchni stołu roboczego, tak by po przejeździe rakli, płytka nie przywierała do mokrej od emulsji siatki sitodrukowej. W warunkach profesjonalnych i półprofesjonalnych stosuje się do tego celu stoły z podsystemem (w warunkach amatorskich można takie stół wykonać własnymi siłami, a do podsystemu użyć odkurzacza). W najprostszym rozwiązaniu wystarczy kawałek taśmy klejącej jednostronnej (gdy mocujemy płytkę która nie została jeszcze docięta na wymagany wymiar) lub dwustronnej (o niezbyt dużej sile klejenia). W przypadku zadruku drugiej strony płytki warunkiem koniecznym jest dostateczne podsuszenie emulsji na pierwszej stronie.

Proces nanoszenia maski lutowniczej powinien być wykonywany w czystych, dobrze wentylowanych pomieszczeniach przy żółtym świetle. Czyszczenie siatki należy przeprowadzać skrupulatnie z użyciem rozpuszczalnika nitro oraz czyściwa (najlepiej bezpyłowego, lub czystej bawełny), tak by kontrola pod światło nie wskazywała na zamknięcie oczek siatki.

Ze względów praktycznych, sugerowane jest zabezpieczanie ramy przed zabrudzeniem (wraz ze spoiną siatka-rama). Najprostszym sposobem jest użycie szerokiej taśmy klejącej i oklejenie ramy z uwzględnieniem marginesu na samej siatce, zapobiegnie to podsiąkaniu farby (lub rozpuszczalnika podczas czyszczenia) do spoiny i znacząco ułatwi utrzymanie czystości siatki sitodrukowej i tym samym zapewni długi okres jej eksploatacji. Jeśli rama jest duża a wykonywane płytki stosunkowo małe, warto jest zabezpieczyć taśmą klejącą niewykorzystywany obszar siatki przed zabrudzeniem, uproszczyć to późniejsze czyszczenie. Jeśli po czyszczeniu siatki stwierdzamy, że farba dostała się pod zabezpieczającą taśmę klejącą, należy zerwać taśmę i dokończyć czyszczenie, tak by cały obszar siatki był zdatny do pracy w przyszłości.

IV.C. METODY ALTERNATYWNE

W domowych warunkach, można próbować nanosić warstwę emulsji, alternatywnymi sposobami, np. pędzelkiem nylonowym, wałkiem lub rozpraszając niewielką jej ilość pod cienką folią, jednakże nie są to metody rekomendowane ze względu, na:

- większe zużycie farby
- niejednorodną grubość powłoki na powierzchni płytki
- zdecydowanie niższe walory estetyczne powłoki
- niejednokrotnie zbyt cienką warstwę powłoki na krawędziach ścieżek
- większe ryzyko uwieżenia pęcherzyków powietrza w powłoce
- większe ryzyko wtrąceń obcych (jak kurz czy włosie pędzla)
- zatykanie się otworów do montażu przewlekane

ODPAROWYWANIE

Odparowanie to proces, który umożliwia „ucieczkę” wtrąceniom powietrza, jakie potencjalnie mogą się znajdować między przewodami po procesie nanoszenia. Ponadto umożliwia usunięcie znacznych ilości rozpuszczalnika z emulsji, którego nadmierna obecność podczas kolejnego procesu poduszania odbywającego się w wyższej temperaturze, może spowodować powstawanie pęcherzy i nadmiernego nagromadzenia farby wokół otworów.

Odparowanie prowadzi się w temperaturze maksymalnej do 50°C. Proces odparowania intensyfikuje bezpośredni nawiew powietrza w poprzek obwodu drukowanego. W przemysłowych rozwiązaniach są to tunele powietrzne, lub piece konwekcyjne „HOT AIR”.

Działania te można niskim kosztem zrealizować w domowych warunkach. Dla przykładu, proces odparowywania w tunelach powietrznych można zaimprovizować z użyciem tunelu (z tektury, MDF-u, plastikowej butelki, itp.) oraz suszarki do włosów, lub stacji lutowniczej „HOT AIR”.

Metod z bezpośrednim nadmuchem powietrza na powierzchnie PCB w domowych warunkach należy stosować w taki sposób by uniknąć gromadzenia się

zanieczyszczeń (np. kurzu) na powierzchni płytki. Z powodzeniem, można ten proces zrealizować również poprzez swobodne odparowywanie w temperaturze pokojowej lub temperaturze podwyższonej (ale nie przekraczającej 50°C).

Bez wymuszonego obiegu powietrza zabieg trwa dłużej ale pozytywnie wpływa na minimalizację zanieczyszczeń przyklejających się na powierzchni PCB. Warto rozważyć zastosowanie metalowej przykrywki lub metalowego pojemnika, który będzie redukowało do minimum prawdopodobieństwo inkluzji zanieczyszczeń (muszą one jednak umożliwiać swobodne ujście parującym rozpuszczalnikom).

Typowy czas odparowywania nie przekracza zazwyczaj 10 minut. Jeśli jednak na PCB nakładamy grubszą warstwę emulsji maski lutowniczej, lub pokrywamy laminat z grubą warstwą miedzi (np. 2oz = 70mikrometrów), i dochodzi do większego nagromadzenia emulsji pomiędzy ścieżkami, należy ten czas wydłużyć, w przeciwnym wypadku w dalszych etapach mogą powstać defekty powłoki.

PODSUSZANIE

Podsuszanie (zwane też suszeniem wstępnym) służy usunięciu pozostałości rozpuszczalników wciąż zawartych w naniesionej na powierzchnię PCB emulsji, i utwardzeniu wilgotnej jeszcze powłoki emulsji do takiego stopnia, by nie ulegała ona uszkodzeniu podczas nakładania emulsji na drugą stronę PCB, lub też umożliwiała bezproblemową ekspozycję emulsji przez folię z maską.

Temperatura w jakiej ten proces zachodzi nie powinna przekraczać 70-75°C. Suszenie w wyższej temperaturze skutkuje rozpoczęciem procesu sieciowania/polimeryzacji składników, w efekcie czego niemożliwa jest prawidłowa ekspozycja i wywoływanie maski lutowniczej (emulsja jest nieczuła na promieniowanie UV i nienaświetlone jej obszary nie „spływają” z powierzchni PCB podczas procesu wywoływania).

Czas podsuszania uzależniony jest od grubości emulsji na PCB. Przyjmuje się jednak, że dolna granica dla czasu jest ustalona przez minimalną wytrzymałość mechaniczną maski lutowniczej wymaganą podczas kolejnych etapów produkcji płytki drukowanej, a górny zakres parametrów procesu podsuszania, zarówno w zakresie temperatury i czasu, powinny być dobierane w taki sposób, by nie rozpoczęła się polimeryzacja maski lutowniczej, co gwarantuje optymalne warunki do wywoływania nienaświetlonych obszarów emulsji.

Podczas procesu przetwarzania płytek dwustronnych należy pamiętać, że powłoka pierwszej strony PCB jest poddawana procesowi podsuszania dwukrotnie.

W przemysłowych rozwiązaniach suszenie wstępne realizuje się w piecach konwekcyjnych „HOT AIR”, piecach z promiennikami IR (podczerwieni), lub linii technologicznej zestawionej z ich kombinacji.

Czas suszenia promiennikami IR zamyka się zazwyczaj w czasie 2 minut w temperaturze nie większej niż 120°C (mimo wyższej niż sugerowana temperatury proces sieciowania nie zachodzi, co wynika z bezwładności termicznej arkuszy laminatu i krótkiego czasu procesowania).

Suszenie konwekcyjne zachodzi w sposób bardziej łagodny, co pozytywnie wpływa na proces suszenia grubszych warstw powłoki. Zwyczajowo suszenie PCB w tym wariantcie zachodzi w temperaturze nie większej niż 70-75°C i dla pierwszej strony PCB trwa około 10-15 minut, dla drugiej strony (wraz z pierwszą) około 30-45 minut. Dla cienkich warstw emulsji istnieje możliwość skrócenia tego czasu o ile spełnione są minimalne wymagania wytrzymałości dla dalszych procesów.

W domowych warunkach optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie procesów suszenia konwekcyjnego. Podczas ich realizacji z powodzeniem można zastosować dowolny mini-piekarnik (może być konieczna niewielka modyfikacja układu regulacji), lub tunel powietrzny (wg konstrukcji zasugerowanej dla procesu odparowywania)

Po zakończeniu procesu podsuszania należy schłodzić płytkę drukowaną do temperatury poniżej 30°C, ponieważ na tym etapie produkcji powłoka emulsji jest nadal termoplastyczna i wrażliwa na uszkodzenia mechaniczne.

W niektórych sytuacjach, podczas podsuszania na powierzchni płytek drukowanych może skraplać się kondensat pary wodnej oraz rozpuszczalników zawartych pierwotnie w emulsji maski lutowniczej, by temu zapobiec w początkowej fazie podsuszania (pierwsze 5-10 minut) warto, okresowo wentylować komorę pieca, w przypadku stosowania tuneli powietrznych nie jest to konieczne.

ŹRÓDŁO CIEPŁA

W domowych warunkach jako źródło ciepła podczas podsuszania posłuży zazwyczaj mini-piekarnik kuchenny.

Niestety, w ich typowych rozwiązaniach konstrukcyjnych ma miejsce:

- duża bezwładność cieplna źródeł ciepła (promienników kwarcowych, spirali grzejnych itp.)
- duża bezwładność stalowej konstrukcji obudowy
- duże straty ciepła poprzez wypromieniowanie go przez niezaizolowaną obudowę
- regulacja temperatury odbywa się za pomocą czujnika termobimetalowego o dużej bezwładności cieplnej
- czujnik temperatury umiejscowiony jest zazwyczaj poza komorą roboczą pieca

Trzeba się zatem liczyć z faktem, że temperatura zadana na termoregulatorze nie zawsze jest zgodna z rzeczywistą temperaturą panującą w komorze pieca, co więcej różnica pomiędzy temperaturą zadaną a rzeczywistą może wynosić nawet 150°C! Taki rozrzut wystarczy by rozpocząć niepowołany na tym etapie proces sieciowania emulsji.

Należy się zatem upewnić, że stosując wybrany piec do podsuszania będziemy poruszać się w bezpiecznym dla przebiegu procesu zakresie temperatur. Można to zrealizować np. przez niezależny pomiar temperatury wewnątrz pieca za pomocą miernika temperatury z czujnikiem termoparowym o małej bezwładności cieplnej (wystarczający będzie prosty multimetr pomiarowy z termoparą typu K).

ADAPTACJA ŹRÓDŁA CIEPŁA

W zależności od pomiarów temperatury należy podjąć decyzję o sposobie prowadzenia procesu. W nielicznych przypadkach mini-piekarników ich adaptacja do wymaganych potrzeb, może wymagać jedynie przeskalowania skali wartości zadanej, w większości przypadków konieczna będzie jednak ich przeróbka, polegająca na wymianie mechanicznego regulatora bimetalowego na regulator elektroniczny, „uzbrojony” w czujnik temperatury o małej bezwładności termicznej, umiejscowiony możliwie blisko obszaru w którym znajdować się będą procesowane płytki drukowane.

Za regulator temperatury posłużyć może dowolny regulator elektroniczny, jednak najlepsze efekty regulacyjne i najmniejsze różnice pomiędzy wartością zadaną a rzeczywistą uzyskamy stosując termoregulatory PID zdolne do współpracy z czujnikami PT100 i szerokim spektrum termopar. Dla potrzeb procesu w zupełności wystarczy termopara typu „K” do multimetrów, ze względu na swoje niewielkie wymiary ma bardzo małą bezwładność termiczną i szybko osiąga temperaturę panującą w otoczeniu, przy okazji jest ona niedroga (około 10PLN). Przy wyborze regulatora PID warto zwrócić uwagę na te posiadające funkcję AutoTune. Dzięki niej regulator „uczy się” właściwości regulacyjnych pieca i sam dobiera parametry P, I oraz D. W handlu dostępne są regulatory PID z wyjściem przekaźnikowym lub wyjściem na przekaźnik półprzewodnikowy SSR. Ze względu na częstotliwość włączania/wyłączania źródła ciepła oraz duże obciążenie jakie generuje, sugerowane jest użycie regulatora z wyjściem na przekaźnik SSR, lub szybką przeróbkę regulatora z wyjściem przekaźnikowym na wyjście SSR. Przeróbka niedrogiemu Termoregulatora PID REX C100 z wyjściem przekaźnikowym (w cenie od 70-80PLN) polega na wylutowaniu jednego przekaźnika i wlutowaniu na jego miejsce dwóch zwór (instrukcję przeróbki można łatwo znaleźć na wielu forach, blogach oraz serwisie YouTube).

Całkowity koszt przeróbki piekarnika można zamknąć w kwocie 150PLN (Regulator REX C100 z wyjściem przekaźnikowym + samodzielna przeróbka, przekaźnik SSR 25A, termopara typu „K” do multimetrów).

Regulacji można również dokonywać całkowicie manualnie, jest to jednak sposób dość uciążliwy.

DYSTRYBUCJA CIEPŁA

Nawet w nowoczesnych suszarniach stosowanych w przemyśle, równomierny rozkład temperatury nie jest zawsze gwarantowany. Trzeba mieć zatem na uwadze i zadbać o to by cały obszar podsuszanej płytki drukowanej znajdował się w mniej więcej jednorodnej temperaturze, z zakresu temperatur bezpiecznych dla procesu. Równomierną dystrybucję ciepła w piecu w znacznym stopniu ułatwi wymuszana cyrkulacja powietrza (termo-obieg)

NAŚWIETLANIE

W procesie naświetlania, te części powleczonej płytki obwodu drukowanego, które mają być maskowane za pomocą maski lutowniczej są wystawione na działanie promieni światła UV.

WZORNIK

W przemyśle funkcję wzornika do naświetlania, pełnią klisze, wykonywane na drukarkach CTF o dużej rozdzielczości, w domowych warunkach, najbardziej kontrastowy obraz uzyskuje się stosując wydruki laserowe na przezroczystych foliach. Możliwe jest też stosowanie rozwiązań alternatywnych jak wydruk na kalce technicznej lub na zwykłej kartce pokrytej środkiem WD40, jednak przy ich zastosowaniu należy się liczyć z mniejszym kontrastem i mniejszą rozdzielczością obrazu a nawet całkowitym nieporodzeniem procesu (gdy źródło światła jest zbyt słabe).

Do naświetlania emulsji maski lutowniczej potrzebujemy wzornika negatywowego (obszary zaciemnione zostaną zmyte podczas procesu wywoływania)

ŹRÓDŁO ŚWIATŁA UV

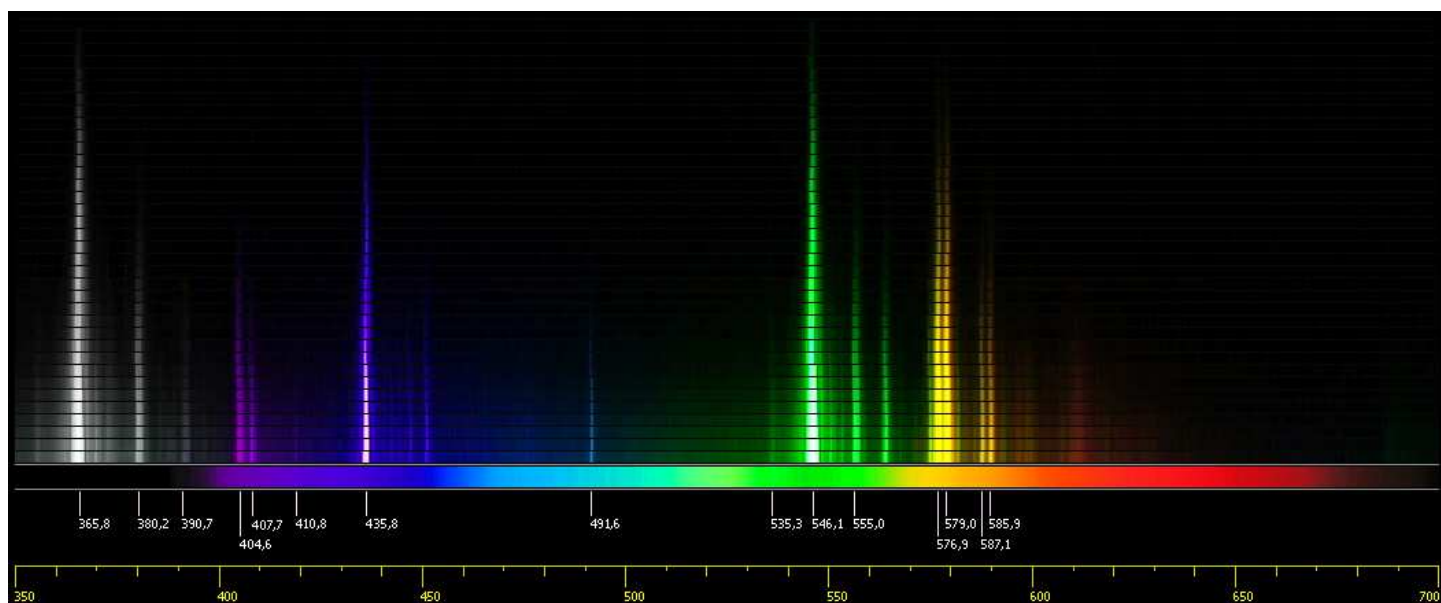
W rozwiązaniach przemysłowych, do ekspozycji płytek drukowanych przez folie maskujące, stosuje się naświetlarki z lampami na parach rtęci i domieszką żelaza, o mocy 5-10 kW (szczyt emisji fali świetlnej występuje przy długości 365nm). W przemyśle stosuje się również naświetlarki z lampami rtęciowymi i domieszką Galu (szczyt emisji fali świetlnej występuje przy długości 405-420nm), ich użycie umożliwia zmniejszenie „podcięcia” i skrócenie czasu ekspozycji o 30%.

Duże moce lamp zapewniają bardzo krótkie czasy ekspozycji i wyższe rozdzielczości uzyskanego obrazu, jednak wymagają chłodzenia komory ekspozycyjnej by temperatura laminatu nie przekraczała temperatury 25-30°C. Zachowanie niskiej temperatury w tym przypadku jest istotne, ponieważ nienaświetlona emulsja nadal posiada własności termoplastyczne i podczas mocnego docisku wzornika może ulec uszkodzeniu, lub mniej groźnemu „wybłyszczaniu”.

Źródło światła ultrafioletowego w domowych konstrukcjach naświetlarek nie jest tak krytyczne jak w przypadku naświetlarek przemysłowych. Do budowy własnej naświetlarki z powodzeniem można użyć, świetlówek z solarium do twarzy, żarówek UV z lampy do tipsów, świetlówek z testerów banknotów, zmodyfikowanych lamp sodowych czy szeregu diod UV, itp.

Dopuszczalna jest również spora dowolność w sposobie naświetlania. W obudowie naświetlarki może pracować kilka świetlówek/żarówek pracujących równolegle, może to też być pojedyncza lampa przemieszczająca się nad naświetlanym laminatem. Kluczowe jest jednak to by promienie świetlne, padały w sposób równomierny na cały naświetlany obszar, a proces naświetlania był powtarzalny i łatwy do kontrolowania.

Jeśli posiadasz naświetlarkę na potrzeby stosowania metody fotochemicznej, to będzie ona prawdopodobnie wystarczająca. Jeśli jeszcze takiej nie posiadasz, rekomendujemy podczas jej budowy użyć podzespołów wyciągniętych z solarium do twarzy (startery, świetłówki, dławiki, odłbyśnik) i łącząc je z prostym timerem elektronicznym. Naszym zdaniem uzyskamy w ten sposób bardzo dobre parametry naświetlania w rozsądnej cenie (około 100-150PLN).



Widmo emitowane przez świetłówkę UV z typowego solarium do twarzy (PHILIPS CLEO 15W, w zakresie fal widzialnych).

(© PROFOLIO Wojciech Daszczyk)

CZAS EKSPOZYCJI

Producent emulsji do maski lutowniczej informuje, że energia promieniowania UV wystarczająca do prawidłowego naświetlenia to 250-350mJ/cm²(przy maksimum emisji 365nm) i przekłada się bezpośrednio na wymagany czas ekspozycji.

Energia promieniowania UV absorbowana przez emulsję podczas naświetlania zależy od wielu czynników (moc lamp UV, widmo emisji lamp, odległość źródła światła od powierzchni PCB, rodzaj wzornika itp.). W warunkach amatorskich, bez specjalistycznego przyrządu do pomiaru energii promieniowania, wynikający z niej czas ekspozycji najlepiej dobrać doświadczalnie, tak by naświetlane obszary emulsji nie ulegały degradacji podczas procesu wywoływania, a obszary nienaświetlane swobodnie rozpuszczały się w kąpeli wywołującej (Definiuje to osobny parametr - tak zwany stopień Stouffera).

O dobrych efektach naświetlania decyduje również jakość stosowanego wzornika do naświetlania, jeśli zaciemnione obszary wzornika będą nieprzepuszczalne dla promieni UV, dobór właściwego czasu ekspozycji będzie łatwiejszy, a otrzymana powłoka będzie bez wad.

Przy zastosowaniu typowej amatorskiej konstrukcji naświetlarki, bazującej na komponentach solarium do twarzy (4 lampy CLED 15W), wystarczający czas ekspozycji to 30-45 sekund.

Celem zakończenia fotochemicznych procesów polimeryzacji emulsji zalecane jest odczekanie co najmniej 10 minut przed rozpoczęciem procesu wywoływania.

POPRAWA PARAMETRÓW NAŚWIETLANIA

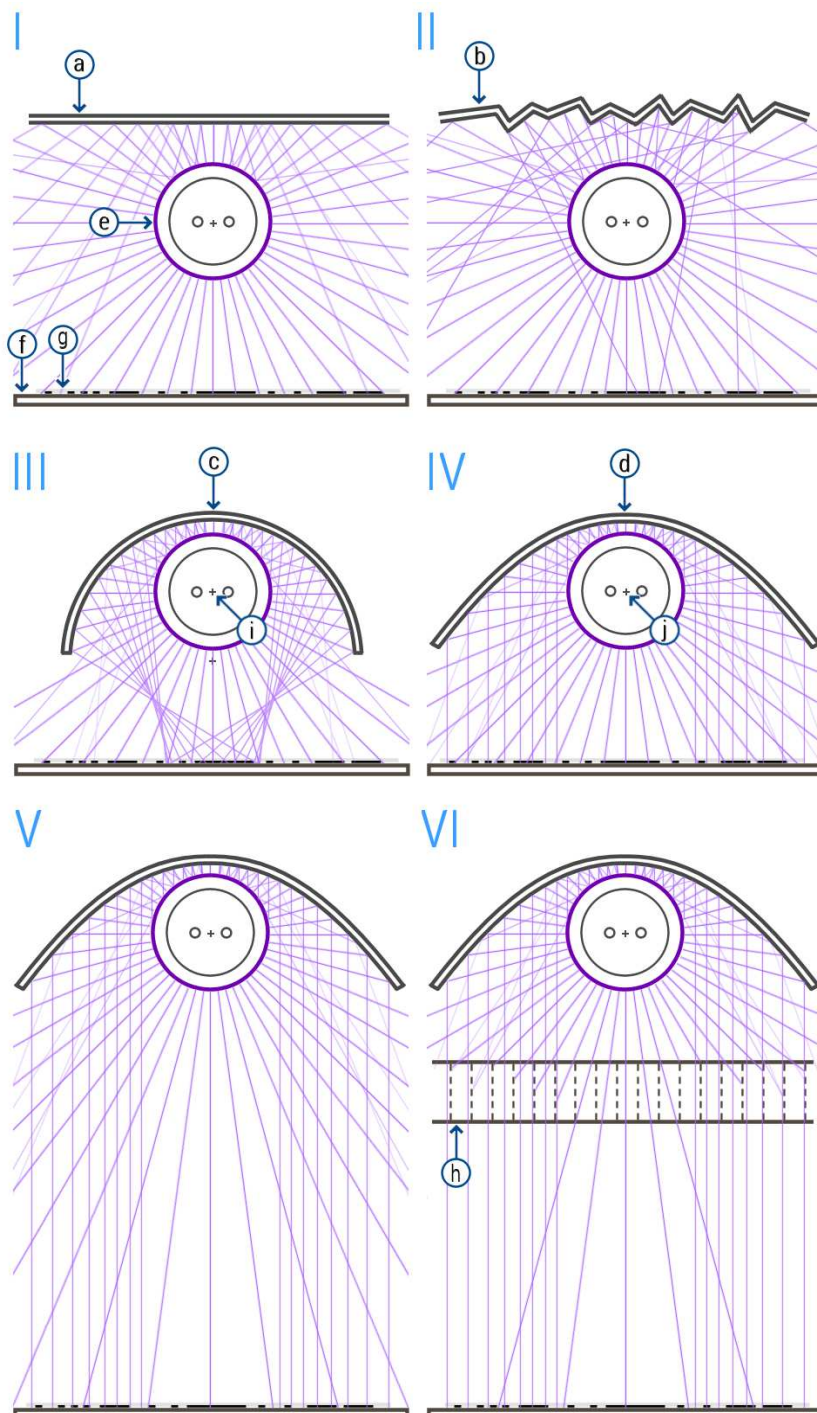
Jeśli naświetlarka w swojej konstrukcji posiada odbłyśnik o parabolicznym przekroju, jak na przykład w solarium do twarzy [variant IV.], to promienie świetlne emitowane przez świetlówki są od niego w pewnym zakresie kątów odbijane i kierowane prostopadłe do powierzchni płytki, a ilość promieni padających pod większym kątem, jest znacznie mniejsza niż w konstrukcjach z płaskim [variant I.] lub nieregularnym odbłyśnikiem [variant II.].

Jeśli naświetlarka w swojej konstrukcji posiada odbłyśnik w formie lustra [variant I.], odbłyśnik nieregularny z pogniecionej folii [variant II.] lub w formie półokręgu [variant III.], warto rozważyć poprawę jej parametrów przez zwiększenie odległości pomiędzy źródłem światła a naświetlaną płytką, tak by promienie o dużym kącie padania w pewnym stopniu ominęły płaszczyznę płytek PCB [porównanie wariantu IV. i V.].

Innym bardzo skutecznym rozwiązaniem jest zastosowanie przesłony w formie plastra miodu, lub kratki (można ją wykonać np. z tektury) umiejscowionej pomiędzy płytką drukowaną a źródłem światła [variant VI]. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie takiej przesłony wpływa w sposób znaczny na równomierną dystrybucję promieni UV na całej powierzchni płytki, wymaga zatem zwiększenia odległości pomiędzy źródłem światła a płytką drukowaną, i nie jest zalecane w przypadku gdy naświetlarka dysponuje pojedynczym punktowym źródłem światła. Należy się również liczyć z wydłużeniem wymaganych czasów ekspozycji.

Przykładowe konstrukcje naświetlarek: I – z płaskim odbłyśnikiem, II – z nieregularnym odbłyśnikiem, III – z odbłyśnikiem o przekroju kołowym, IV – z odbłyśnikiem o przekroju parabolicznym, V – z odbłyśnikiem parabolicznym i zwiększoną odległością PCB od źródła światła, VI – z odbłyśnikiem parabolicznym, zwiększoną odległością PCB od źródła światła i przesłoną w formie plastra miodu. a – odbłyśnik płaski, b – odbłyśnik nieregularny, c – odbłyśnik o przekroju kołowym, d – odbłyśnik o przekroju parabolicznym, e – źródło światła UV, f – płytkę drukowaną ulokowaną na podłożu, g – wzornik, h – plaster miodu lub kratka, i – ogniskowa zwierciadła kołowego, j – ogniskowa zwierciadła parabolicznego

(© PROFOLIO Wojciech Daszczyk)



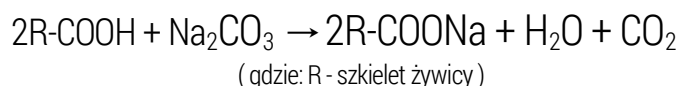
NIEKORZYSTNE ZJAWISKA JAKICH WARTO UNIKAĆ

Efekt wyblyszczania to błyszczące „plamy” na powierzchni maski lutowniczej. Nie mają one negatywnych następstw w kontekście wytrzymałości, pogarszają jednak walory estetyczne zwłaszcza w przypadku masek lutowniczych matowych. Najczęściej spowodowane są one zbyt krótkim czasem podsuszania, lub niedostatecznym schłodzeniem płytki po jej podsuszaniu, w efekcie silnie termoplastyczna powłoka jest podatna na odkształcenia wywołane naciskiem (np. przez szklaną kopioramę utrzymującą położenie maski na płytce drukowanej). Innym powodem powstawania wspomnianych plam jest nadmierne nagrzewanie się płytki drukowanej podczas naświetlania. W praktyce warto zatem zastosować odpowiednio długi czas podsuszania oraz chłodzenia po podsuszaniu, wypracować kompromis w zakresie docisku folii z wzornikiem a do płytki podczas naświetlania, a w konstrukcji naświetlarki uwzględnić chłodzenie źródła światła.

Podświetlanie to niekorzystne zjawisko naświetlenia materiału światłoczułego pomiędzy bazą płytki drukowanej a folią z wzornikiem do naświetlania. W przypadku naświetlania emulsji pod maskę lutowniczą, uzyskanie wysokiej rozdzielczości nie jest tak krytyczne jak w przypadku naświetlania maski naświetlanej przed trawieniem. Jednak z uwagi na ogólną jakość swoich płytek drukowanych warto minimalizować ten efekt w swoich realizacjach.

WYWOŁYWANIE

Emulsja przystosowana jest do wywoływania w środowisku wodno-alkalicznym. A jako wywoływacz stosuje się powszechnie dostępny węglan sodu - Na_2CO_3 (soda kalcynowana) o stężeniu 1%. Podczas procesu wywoływania grupy karboksylowe w żywicy lakieru przekształcają się w sól rozpuszczalną w wodzie i ulegają wyflukowaniu zgodnie ze wzorem:



Proces wywoływania wymaga pewnej określonej temperatury podczas reakcji, wynoszącej z reguły 28-38°C.

Czas wywoływania trwa zazwyczaj od 50 do 70 sekund i powinien być wspomagany przez delikatne obmywanie. Dłuższe przetrzymywanie naświetlonej płytki w roztworze, może skutkować niepożądanym wzrostem podcięcia. Z tego też względu po zakończonym procesie, wywołaną płytkę należy dokładnie wyflukać czystą wodą, z wszelkich pozostałości wywoływacza.

UTWARDZANIE

Utwardzanie to końcowy proces chemicznego sieciowania składników lakieru (wypalania). Wypalanie odpowiedzialne jest za ostateczne własności mechaniczne, chemiczne i elektryczne maski lutowniczej, dlatego też przestrzeganie parametrów tego etapu jest koniecznością.

Bez względu na to w jakim piecu przeprowadzany jest proces wypalania (piec konwekcyjny, piec bez termoobiegu), należy zwrócić szczególną uwagę na równomierne nagrzewanie całej powierzchni płytki. W początkowej fazie procesu warto zadbać o okresową wentylację komory pieca, by uniknąć skraplania (podobnie jak to ma miejsce w przypadku fazy podsuszania).

Temperatura wypalania powinna wynosić 150°C, a czas przetrzymania płytki w tej temperaturze to około 60minut. Czas należy liczyć od momentu umiejscowienia płytki w piecu, ale od momentu gdy temperatura komory pieca i laminatu osiągnie wymaganą w procesie temperaturę, a ta zależy w znacznym stopniu od grubości laminatu i budowy pieca. Czas normowania się parametrów pracy, dla każdego pieca ustala się indywidualnie, nie jest on jednak zazwyczaj dłuższy niż 10-15 minut.

Pozytywny efekt przynosi również dodatkowe naświetlanie utwardzające wywołanej emulsji przed właściwym wypalaniem. Zalecana energia jaką powinno się w tym procesie przekazać emulsji to 500-2000 mJ/cm². Czas takiego naświetlania można dobrać z proporcji w stosunku do naświetlania przed wywoływaniem, w tym przypadku powinien on być od 2 do 8 razy dłuższy niż czas naświetlania przed wywoływaniem.

JEDNCZESNE UTWARDZANIE WIELU WARSTW

Jeśli obwody pokrywane są powłoką dwa lub więcej razy, lub jeśli po warstwie soldermaski nanoszone są warstwy opisowe (np. emulsją do maski lutowniczej o innym kolorze, lub materiałami dedykowanymi do noszenia warstwy opisowej), sugerowane jest pominięcie procesu wypalania dla wcześniejszych warstw, i wykonanie go na samym końcu dla wszystkich powłok jednocześnie. Dzięki takiej zmianie, po wypaleniu uzyskujemy nie tylko docelowe parametry wytrzymałościowe, ale również doskonałą przyczepność pomiędzy warstwami.