

PORÓWNANIE METOD NAKŁADANIA SOLDERMASEK

	FARBY DO SZKŁA	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE MECHANICZNIE	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE ACETONEM	SOLDERMASKI NAKŁADANE Z FOLII	FARBY UV NAKŁADANE POD FOLIĄ	FARBY UV NAKŁ. PEŁNYM SITODRUKIEM	FARBY UV NAKŁ. METODĄ KOMBINOWANĄ	SOLADERMASKI FOTOOBRAZOWE LPKF PROMASK	SOLDERMASKI FOTOOBRAZOWE PETERS ELPEMER®
KOSZTY POCZĄTKOWE (waga cechy: 3)	BARDZO NISKIE około 120 zł (piecyk) 10/10	BARDZO NISKIE około 120 zł (piecyk) 10/10	BARDZO NISKIE około 120 zł (piecyk) 10/10	NISKIE około 200 zł (laminator, naświetlarka) 9/10	BARDZO NISKIE około 100 zł (naświetlarka) 10/10	BARDZO WYSOKIE ponad 1000 zł (rama, rakla, naświetlarka, piecyk, rynienka do emulsji, myjka ciśnieniowa) 1/10	NISKIE około 320 zł (rama, rakla, piecyk, naświetlarka) 8/10	NISKIE około 220 zł (piecyk, naświetlarka) 9/10	NISKIE około 320 zł (rama, rakla, piecyk, naświetlarka) 8/10
KOSZTY MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH	15 – 20 zł za pojemnik 50ml	10 zł za pojemnik 20ml	10 zł za pojemnik 20ml	14 – 18 zł za arkusz A4	35 zł za pojemnik 100gr	35 zł za pojemnik 100gr	35 zł za pojemnik 100gr	1000 – 2850 zł (230 – 650 €) za 10 porcji farby	68 zł za pojemnik 200gr
WYDAJNOŚĆ ilość dwustronnych PCB A4	1 – 2 płytki z pojemnika 50ml	2 płytki z pojemnika 20ml	2 płytki z pojemnika 20ml	0,5 płytki z arkusza A4	4 – 5 płytek z pojemnika 100gr	6 – 7 płytek z pojemnika 100gr	10 – 11 płytek z pojemnika 100gr	10 płytek z 10 porcji	25 – 28 płytek z pojemnika 100gr (przy siatce 60T – 64T)
KOSZT WYKONANIA jednej dwustronnej PCB A4 (waga cechy: 10)	7,50 – 20,00 zł 8/10	5,00 9/10	5,00 9/10	28,00 – 36,00 zł 4/10	7,00 – 8,75 zł 8/10	5,00 – 5,83 zł 9/10	3,18 – 3,50 zł 10/10	100,00 – 286,00 zł 1/10	2,43 – 2,72 zł 10/10
ODPORNOŚĆ NA TEMPERATURĘ PODCZAS LUTOWANIA (waga cechy: 7)	BARDZO SŁABA 1/10	BARDZO SŁABA (spoiwo klei się do maski) 1/10	BARDZO SŁABA (spoiwo klei się do maski) 1/10	DOBRA 10s – 265°C (IPC SM 840B) 8/10	BARDZO DOBRA 3 x 10s – 260°C (IPC-SM-840B resoldering) 9/10	BARDZO DOBRA 3 x 10s – 260°C (IPC-SM-840B resoldering) 9/10	BARDZO DOBRA 3 x 10s – 260°C (IPC-SM-840B resoldering) 9/10	BARDZO DOBRA 20s – 265°C (IPC-SM-840C) 10s – 288°C (MIL-P 55) 20s – 288°C (UL-94 Lead Free) 10/10	BARDZO DOBRA 20s – 265°C (IPC-SM-840E) 10s – 288°C (IPC-SM-840E Lead Free) 10s – 288°C (IPC-TM-650) 20s – 288°C (UL-94 Lead Free) 5 x 10s – 260°C (IPC-SM-840E resoldering) 10/10

	FARBY DO SZKŁA	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE MECHANICZNIE	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE ACETONEM	SOLDERMASKI NAKŁADANE Z FOLII	FARBY UV NAKŁADANE POD FOLIĄ	FARBY UV NAKŁ. PEŁNYM SITODRUKIEM	FARBY UV NAKŁ. METODĄ KOMBINOWANĄ	SOLADERMASKI FOTOOBRAZOWE LPKF PROMASK	SOLDERMASKI FOTOOBRAZOWE PETERS ELPEMER®
WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE (waga cechy: 10)	BARDZO SŁABE (miękką powłoką podatną na zadrapanie) 2/10	BARDZO SŁABE (miękką powłoką podatną na zadrapanie) 2/10	BARDZO SŁABE (miękką powłoką podatną na zadrapanie) 2/10	DOBRE twardość 4H (brak potwierdzenia norma) 8/10	DOBRE twardość 5H (test ołówkowy) 9/10	DOBRE twardość 5H (test ołówkowy) 9/10	DOBRE twardość 5H (test ołówkowy) 9/10	BARDZO DOBRE twardość 6H (brak potwierdzenia norma) 10/10	BARDZO DOBRE twardość 6H (IPC-SM-840E) 10/10
WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE (waga cechy: 10)	BRAK ZGODNOŚCI Z NORMĄ 1/10	BRAK ZGODNOŚCI Z NORMĄ 1/10	BRAK ZGODNOŚCI Z NORMĄ 1/10	$R = 1 \times 10^{12}\Omega$ $K_p = 73\text{kV/mm}$ $\epsilon_r = 3,56$ $\tan\delta = 0,038$ 8/10	$R = 1 \times 10^{13}\Omega$ $K_p = 20\text{kV/mm}$ (ze względu na jakość powłoki znacznie słabiej) 6/10	$R = 1 \times 10^{13}\Omega$ $K_p = 20\text{kV/mm}$ 8/10	$R = 1 \times 10^{13}\Omega$ $K_p = 20\text{kV/mm}$ 8/10	$R = 2 \times 10^{14}\Omega$ $K_p = 20\text{kV/mm}$ 9/10	$R = 2 \times 10^{14}\Omega$ $K_p = 190\text{kV/mm}$ $\epsilon_r = 3,7$ $\tan\delta = 0,029$ 10/10
CZAS WYKONANIA (waga cechy: 5)	BARDZO KRÓTKI około 1h (w tym ręczne usuwanie maski) 10/10	BARDZO KRÓTKI około 1h (w tym ręczne usuwanie maski) 10/10	BARDZO KRÓTKI około 1h (w tym ręczne usuwanie maski) 10/10	KRÓTKI około 2h (w tym przerwy po laminowaniu oraz naswietlaniu, utwardzanie w UV oraz utwardzanie) 8/10	BARDZO KRÓTKI około 1h 10/10	BARDZO DŁUGI około 24h (w tym przygotowanie siatki z emulsją maskującą, suszenie nałożonej soldermaski w promieniach UV) 1/10	KRÓTKI 2 – 3h (jeśli nie wystąpią warunki beztenlowe, czas naswietlania musi być dłuższy) 9/10	BARDZO KRÓTKI około 1h (w tym podsuszanie i wypalanie) 10/10	KRÓTKI około 2h (w tym podsuszanie 10min, suszenie 15min, wypalanie minimum 30min) 8/10
POWTARZALNOŚĆ PROCESU (waga cechy: 10)	BARDZO SŁABA 2/10	PRZECIĘTNA 5/10	BARDZO SŁABA 2/10	BARDZO DOBRA 9/10	PRZECIĘTNA 5/10	BARDZO DOBRA 10/10	DOBRA 7/10	DOBRA 8/10	BARDZO DOBRA 10/10
WYGLĄD POWŁOKI (waga cechy: 10)	BARDZO SŁABA 2/10	PRZECIĘTNA 6/10	BARDZO SŁABA 1/10	BARDZO DOBRA 9/10	PRZECIĘTNA 6/10	BARDZO DOBRA 10/10	DOBRA 8/10	DOBRA 8/10	BARDZO DOBRA 10/10

	FARBY DO SZKŁA	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE MECHANICZNIE	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE ACETONEM	SOLDERMASKI NAKŁADANE Z FOLII	FARBY UV NAKŁADANE POD FOLIĄ	FARBY UV NAKŁ. PEŁNYM SITODRUKIEM	FARBY UV NAKŁ. METODĄ KOMBINOWANĄ	SOLADERMASKI FOTOOBRAZOWE LPKF PROMASK	SOLDERMASKI FOTOOBRAZOWE PETERS ELPEMER®
IZOLACJA PRZED WILGOCIĄ (waga cechy: 10)	PONIŻEJ PRZECIĘTNEJ (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	PONIŻEJ PRZECIĘTNEJ (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	PONIŻEJ PRZECIĘTNEJ (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO DOBRA Klasa H oraz T > 5 x 10 ⁶ Ω (IPC-SM-840B)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA Klasa H oraz T > 5 x 10 ⁶ Ω (IPC-SM-840C)	BARDZO DOBRA Klasa H oraz T > 5 x 10 ⁶ Ω (IPC-SM-840E)
	4/10	5/10	4/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
ODPORNOŚĆ NA SZOKI TEMPERATUROWE (waga cechy: 5)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO DOBRA > 100 cykli - Klasa H i T (IPC-SM-840B)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA > 100 cykli - Klasa H i T (IPC-SM-840E)
	1/10	2/10	2/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
ODPORNOŚĆ NA ROZPUSZCZALNIKI (waga cechy: 6)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO DOBRA IPA, TRICHLOROETAN, 10% ALKALIA, TSP	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA IPA, 10% ALKALIA, DICHLOROMETAN, MONOETANOLAMINA D-LIMONEN, 10% H ₂ SO ₄ , 10% NaOH
	1/10	1/10	1/10	9/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE (waga cechy: 10)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI)	BARDZO DOBRA > 50 cykli (IPC-SM-840B)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW)	BARDZO DOBRA Test SIMEX typ RH3 - kulka 1mm, obciążenie 1500 - 2000g
	2/10	2/10	2/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10

	FARBY DO SZKŁA	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE MECHANICZNIE	ENSOLDER – PADY CZYSZCZONE ACETONEM	SOLDERMASKI NAKŁADANE Z FOLII	FARBY UV NAKŁADANE POD FOLIĄ	FARBY UV NAKŁ. PEŁNYM SITODRUKIEM	FARBY UV NAKŁ. METODĄ KOMBINOWANĄ	SOLADERMASKI FOTOOBRAZOWE LPKF PROMASK	SOLDERMASKI FOTOOBRAZOWE PETERS ELPEMER®
PRZCZEPNOŚĆ powłoki do laminatu (waga cechy: 10)	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI) 1/10	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI) 2/10	BARDZO SŁABA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE WŁASNYCH OBSERWACJI) 2/10	BARDZO DOBRA Klasa Hi T (IPC-SM-840B) 10/10	BARDZO DOBRA Ocena producenta 100% brak normy 10/10	BARDZO DOBRA Ocena producenta 100% brak normy 10/10	BARDZO DOBRA Ocena producenta 100% brak normy 10/10	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW) 10/10	BARDZO DOBRA Klasa Hi T (IPC-SM-840E) 10/10
KLASA PALNOŚCI (waga cechy: 3)	BARDZO SŁABA (brak odporności) 1/10	BARDZO SŁABA (brak odporności) 1/10	BARDZO SŁABA (brak odporności) 1/10	BARDZO DOBRA UL 94V-0 (najwyższa klasa) 10/10	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW) 10/10	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW) 10/10	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW) 10/10	BARDZO DOBRA (BRAK INF. PRODCUCENTA. PRZYJĘTO NA PODSTAWIE PRZEMYSŁOWYCH ODPOWIEDNIKÓW) 10/10	BARDZO DOBRA UL 94V-0 (najwyższa klasa) 10/10

WYNIKI

ŚREDNIA ARYTMETYCZNA	3,2/10	4,1/10	3,4/10	8,7/10	8,8/10	8,4/10	9,1/10	8,9/10	9,7/10
ŚREDNIA WAŻONA	2,9/10	3,9/10	3,1/10	8,6/10	8,5/10	8,9/10	9,1/10	8,7/10	9,9/10

JAK PRZYNYMAMO OCENY POSZCZEGÓLNYM CECHOM

KOSZTY POCZĄTKOWE – uwzględniają koszt narzędzi potrzebnych podczas metody, wykonując mozaikę ścieżek z użyciem metod fotochemicznych oraz metodą "żelazkową", wiele z tych narzędzi może znajdować się już na waszym wyposażeniu. Do kalkulacji przyjęto takie ceny: rama sitodrukowa – 80 zł, rakla – 20 zł, naświetlarka UV – 100 zł, piecyk – 120 zł, laminator – 100 zł, rynienka do emulsji – 80 zł, myjka ciśnieniowa – od 500 zł. A zależność pomiędzy ceną a punktacją jest liniowa.

KOSZTY MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH, WYDAJNOŚĆ – Ze względu na różne jednostki oraz ilości dostępne w handlu podstawową i miarodajną cechą porównawczą dla wszystkich metod jest **KOSZT WYKONANIA** jednej dwustronnej płytki drukowanej formatu A4

KOSZT WYKONANIA – Rozpiętość kosztów jest dość duża, i by przypisać im punktację od 1 do 10 posłużono się zależnością:

$$OCENA = a \cdot (WARTOŚĆ - WARTOŚĆ_{MAX})^b + OCENA_{MIN}$$

gdzie: $a = (OCENA_{MAX} - OCENA_{MIN}) / (WARTOŚĆ_{MIN} - WARTOŚĆ_{MAX})^b$, za wykładnik potęgi przyjęto wartość $b=4$.

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE – Ocenę przynano na podstawie twardości powłoki

WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE – Ocenę przynano na podstawie własności elektrycznych powłoki:

R – Rezystancja izolacji

ϵ_r – Stała dielektryczna

K_p – Wytrzymałość dielektryczna – jest wielkością określającą odporność dielektryka na przebicie. W normach podawane w [kV/mm], [V/mil]

$\tan\delta$ – Współczynnik dyssypacji

CZAS WYKONANIA – Do oceny czasu wykonania posłużono się tymi samymi zasadami punktacji jak dla **KOSZTU WYKONANIA**.

POWTARZALNOŚĆ PROCESU, WYGLĄD POWŁOKI – to cechy dla których punktację przyjęto na podstawie własnych obserwacji i doświadczeń.

ODPORNOŚĆ NA TEMPERATURĘ PODCZAS LutowANIA, IZOLACJA PRZED WILGOCIĄ, ODPORNOŚĆ NA SZOKI TEMPERATUROWE, ODPORNOŚĆ NA ROZPUSZCZALNIKI, ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE, PRZYCZEPNOŚĆ POWŁOKI DO LAMINATU, KLASA PALNOŚCI – ocenę przyjęto na podstawie dostępnych informacji oraz norm. W niektórych przypadkach posłużono się oznaczeniem Klasa H i Klasa T, należy je rozumieć w następujący sposób:

Klasa T – Telekomunikacyjna (obejmuje komputery, sprzęt telekomunikacyjny, wyrefinowane maszyny biurowe, Instrumenty i pewne niekrytyczne zastosowania militarne). Maski lutownicze w tej klasie są odpowiednie dla wysokiej wydajności produktów handlowych i przemysłowych, w których wymagane jest przedłużone życie oraz wydajność, ale dla których przerwa w pracy nie zagraża życiu.

Klasa H - Wysoka niezawodność oraz zastosowania wojskowe (obejmuje sprzęt, gdzie ciągła praca jest krytyczna a przestoje nie są tolerowane, obejmuje również sprzęt do podtrzymywania życia). Maski lutownicze w tej klasie nadają się do zastosowań, w których wymagany jest wysoki poziom wiarygodności a bezprzerwowa praca jest niezbędna.

JAK WYZNACZONO RANKING KOŃCOWY

Ranking wyznaczono w oparciu o dwie metody, średnią arytmetyczną oraz średnią ważoną.

ŚREDNIA ARYTMETYCZNA

Ocena końcowa określonej metody nanoszenia powłoki to suma wszystkich otrzymanych punktów, dla poszczególnych cech podzielna przez ilość cech:

$$x = \sum(x_i) / n$$

gdzie: x – wypadkowa ocena, x_i – oceny poszczególnych cech, n – liczba cech podlegających ocenie

ŚREDNIA WAŻONA

Ocena końcowa określonej metody nanoszenia powłoki z użyciem średniej ważonej to suma iloczynów otrzymanych punktów dla poszczególnych cech i wartości wag jakie te cechy przyjmują, podzielone przez sumę wartości wszystkich wag:

$$x = \sum(w_i \cdot x_i) / \sum(w_i)$$

gdzie: x – wypadkowa ocena, x_i – oceny poszczególnych cech, w_i – wagi poszczególnych cech podlegających ocenie.

Wyjaśnienie co do wartości przyznanych wag znajduje się w podsumowaniu powiązanego z tym dokumentem artykułu.