

SPIS TREŚCI DOKUMENTU REFERENCYJNEGO 26. BREF STM

STRESZCZENIE OPRACOWANE PRZEZ KIEROWNICTWO BIURA IPPC ... I	
PRZEDMOWA.....	XI
ZAKRES.....	XXXIII
1 OBRÓBKA POWIERZCHNIOWA METALI I TWORZYW SZTUCZNYCH - INFORMACJE OGÓLNE	1
1.1 Sektory przemysłu stosujące obróbkę powierzchniową	2
1.2 Struktura przemysłu i jego tło gospodarcze.....	4
1.2.1 Rodzaj i wielkość instalacji	4
1.2.2 Czas życia urządzeń	5
1.2.3 Charakterystyka techniczna instalacji	5
1.2.4 Struktura rynku	5
1.2.4.1 Konkurencja.....	5
1.2.4.2 Wielkość rynku	6
1.2.4.3 Substytuty rynkowe.....	6
1.2.5 Podsumowanie ogólnej sytuacji ekonomicznej	7
1.3 Specyficzne rodzaje działalności przemysłowej	7
1.3.1 Anodowanie aluminiowych paneli i profili architektonicznych.....	7
1.3.2 Procesy wielkoseryjnego pokrywania stali metodą ciągłą.....	9
1.3.3 Anodowanie zwojów i arkuszy litograficznych (offset) płyt drukarskich	12
1.3.4 Obróbka ciągła aluminium w zwojach.....	12
1.3.5 Produkcja obwodów drukowanych.....	12
1.4 Główne aspekty środowiskowe	14
1.4.1 Uwagi ogólne.....	14
1.4.2 Woda	14
1.4.3 Energia.....	15
1.4.4 Najważniejsze substancje	16
1.4.4.1 Metale	18
1.4.4.2 Cyjanki.....	19
1.4.4.3 Podchloryn, chlor i AOX.....	19
1.4.4.4 Środki powierzchniowo czynne	19
1.4.4.5 Środki kompleksotwórcze	19
1.4.4.6 Kwasy i alkalia.....	19
1.4.4.7 Inne jony	20
1.4.4.8 Rozpuszczalniki	20
1.4.4.9 Pyły.....	20
1.4.4.10 Odpady.....	20
1.4.5 Inne emisje.....	20
1.4.5.1 Hałas	20
1.4.5.2 Zapach	21
2 STOSOWANE PROCESY I TECHNIKI	23
2.1 Dostawa i magazynowanie – części do obróbki i surowce.....	27
2.1.1 Części i substraty wchodzące do obróbki.....	27
2.1.2 Zużywalne surowce.....	28
2.2 Techniki transportu i załadowania części do obróbki	29
2.3 Obróbka wstępna części i substratów	31

2.3.1	Mechaniczna obróbka wstępna.....	31
2.3.1.1	Szlifowanie i polerowanie	31
2.3.1.2	Oczyszczanie strumieniowo ściernie.....	32
2.3.1.3	Stępienie ostrych krawędzi i bębnowanie	32
2.3.2	Polerowanie elektrolityczne i chemiczne	32
2.3.2.1	Elektropolerowanie	33
2.3.2.2	Elektropolerowanie z wyładowaniami elektrycznymi (polerowanie plazmowo-elektrolityczne).....	33
2.3.2.3	Elektrolityczne i chemiczne polerowanie aluminium	34
2.3.3	Odtłuszczenie rozpuszczalnikowe	34
2.3.4	Odtłuszczenie wodne	35
2.3.5	Inne techniki czyszczące	36
2.3.5.1	Noże powietrzne.....	36
2.3.5.2	Wirówki.....	36
2.3.5.3	Suchy lód	36
2.3.5.4	Przecieranie ręczne.....	36
2.3.6	Trawienie i usuwanie zgorzeli.....	37
2.3.7	Trawienie aluminium	38
2.3.8	Trawienie wspomagane elektrolitycznie, aktywacja i odtłuszczenie.....	38
2.3.9	Zdejmowanie metalu	39
2.3.10	Obróbka wstępna tworzyw sztucznych (trawienie)	39
2.3.10.1	Oczyszczanie powierzchni tworzyw sztucznych	39
2.3.10.2	Trawienie tworzyw sztucznych.....	40
2.4	Wynoszenie i płukanie.....	40
2.5	Procesy główne.....	41
2.5.1	Miedziowanie i nakładanie stopów miedzi	41
2.5.1.1	Miedziowanie cyjankowe	42
2.5.1.2	Miedziowanie kwaśne	42
2.5.1.3	Miedziowanie pirofosforanowe	43
2.5.1.4	Mosiądzowanie	43
2.5.1.5	Brązowanie	43
2.5.2	Niklowanie elektrolityczne.....	44
2.5.2.1	Kąpiele do niklowania typu Wattsa	45
2.5.2.2	Kąpiele sulfaminowe do niklowania	46
2.5.2.3	Kąpiele chlorkowe do niklowania.....	47
2.5.2.4	Kąpiele siarczanowe do niklowania	47
2.5.2.5	Inne kąpiele do niklowania	47
2.5.2.6	Kąpiele do nakładania stopów niklu	47
2.5.3	Chromowanie.....	48
2.5.3.1	Chromowanie błyszczące - elektrolity oparte na chromie Cr(VI).....	49
2.5.3.2	Chromowanie błyszczące - elektrolity oparte na chromie Cr(III)	49
2.5.3.3	Chromowanie na czarno	49
2.5.3.4	Chromowanie techniczne.....	50
2.5.4	Cynkowanie i nakładanie stopów cynku	51
2.5.4.1	Cynkowanie alkaliczne.....	51
2.5.4.2	Cynkowanie alkaliczne bezcyjankowe.....	51
2.5.4.3	Cynkowanie kwaśne.....	52
2.5.4.4	Nakładanie stopów cynku.....	52
2.5.5	Kadmowanie	53
2.5.6	Cynowanie i nakładanie stopów cyny.....	54

2.5.7	Nakładanie metali szlachetnych.....	54
2.5.7.1	Srebro	55
2.5.7.2	Złoto	55
2.5.7.3	Pallad i jego stopy	56
2.5.7.4	Rod	56
2.5.7.5	Platyna	57
2.5.8	Powłoki autokatalityczne (katalityczna redukcja chemiczna).....	57
2.5.8.1	Autokatalityczne powłoki niklu na metalach.....	58
2.5.8.2	Autokatalityczne powłoki niklu na tworzywach sztucznych.....	59
2.5.8.3	Autokatalityczne powłoki miedzi na metalach i tworzywach	59
2.5.9	Powłoki kontaktowe (nie-katalityczna redukcja chemiczna)	60
2.5.10	Malowanie elektroforetyczne	61
2.5.11	Lakierowanie	62
2.5.12	Olejowanie.....	62
2.5.13	Anodowanie.....	62
2.5.13.1	Anodowanie aluminium w kwasie siarkowym	64
2.5.13.2	Anodowanie aluminium w kwasie chromowym.....	65
2.5.13.3	Anodowanie magnezu, tytanu, tantalu i niobu.....	66
2.5.13.4	Anodowanie aluminium w kwasie fosforowym	66
2.5.14	Barwne anodowanie aluminium	66
2.5.14.1	Barwienie zanurzeniowe.....	67
2.5.14.2	Barwienie elektrolityczne	67
2.5.14.3	Barwienie interferencyjne.....	67
2.5.14.4	Barwienie integralne.....	67
2.5.15	Uszczelnianie warstw anodowych	67
2.5.15.1	Uszczelnianie na gorąco	68
2.5.15.2	Uszczelnianie na zimno	68
2.5.16	Fosforanowe warstwy konwersyjne.....	68
2.5.16.1	Fosforanowanie alkaliczne	69
2.5.16.2	Fosforanowanie cynkowe	70
2.5.16.3	Fosforanowanie manganowe	71
2.5.17	Chromianowe warstwy konwersyjne	72
2.5.17.1	Chromianowe (Cr(VI)) warstwy konwersyjne	72
2.5.17.2	Chromianowe (Cr(VI)) warstwy konwersyjne na elektrolitycznych powłokach cynkowych.....	72
2.5.17.3	Chromianowe (Cr(VI)) warstwy konwersyjne na miedzi, mosiądzu i brązie	72
2.5.17.4	Chromianowe (Cr(VI)) warstwy konwersyjne na aluminium	72
2.5.17.5	Chromianowe (Cr(VI)) warstwy konwersyjne na magnezie i jego stopach.....	73
2.5.17.6	Chromowe (Cr(III)) warstwy konwersyjne na aluminium i elektrolitycznych powłokach cynkowych	73
2.5.17.7	Warstwy wierzchnie na chromianowych warstwach konwersyjnych.....	74
2.5.18	Barwienie metali	74
2.5.19	Trawienie wyblyszczające.....	75
2.5.20	Czernienie chemiczne (warstwy tlenkowe).....	75
2.5.21	Wyblyszczanie chemiczne.....	76
2.5.22	Trawienie – alkaliczne trawienie aluminium.....	77
2.5.23	Frezowanie chemiczne (chemiczna obróbka kształująca)	77
2.6	Operacje po obróbce	78
2.6.1	Suszenie przy użyciu gorącej wody	78

2.6.2	Suszenie przy użyciu gorącego powietrza.....	78
2.6.3	Suszenie za pomocą noży powietrznych.....	78
2.6.4	Obróbka cieplna w celu odwodorowania.....	79
2.7	Techniki powszechnie stosowane do obróbki wody i ścieków, konserwacji kąpieli i odzysku surowców.....	79
2.7.1	Filtracja.....	79
2.7.2	Techniki absorpcyjne.....	79
2.7.3	Krystalizacja.....	80
2.7.4	Odparowanie atmosferyczne.....	80
2.7.5	Odparowanie próżniowe.....	80
2.7.6	Elektrolityczne usuwanie metali z kąpieli.....	80
2.7.7	Elektrolityczne utlenianie.....	81
2.7.8	Wymiana jonowa – żywice jonitowe.....	81
2.7.9	Elektrodejonizacja.....	81
2.7.10	Sorpcja kwasów na jonitach.....	81
2.7.11	Wymiana jonowa ciecz-ciecz.....	81
2.7.12	Filtracja membranowa.....	81
2.7.13	Odwrócona osmoza.....	82
2.7.14	Dializa dyfuzyjna.....	82
2.7.15	Elektroliza membranowa.....	82
2.7.16	Elektrodializa.....	82
2.8	Procesy prowadzone w bębnach.....	82
2.8.1	Przygotowanie wyrobów do obróbki.....	82
2.8.2	Główne procesy.....	82
2.8.3	Suszenie wyrobów.....	83
2.9	Wielkoseryjna obróbka ciągła taśm stalowych w zwojach.....	83
2.9.1	Urządzenia przyjmujące zwoje.....	84
2.9.2	Płukanie i wynoszenie.....	84
2.9.3	Obróbka wstępna.....	84
2.9.3.1	Oczyszczanie i odtłuszczanie.....	84
2.9.3.2	Trawienie.....	85
2.9.4	Procesy główne - nakładanie powłok galwanicznych.....	85
2.9.5	Procesy główne – olejowanie.....	89
2.9.6	Nakładanie warstw konwersyjnych.....	89
2.9.7	Operacje po obróbce.....	89
2.9.7.1	Suszenie.....	89
2.9.7.2	Wyładowanie – prowadnica wyjściowa.....	89
2.9.8	Procesy ciągłe elektrolitycznego cynkowania i nakładania stopu cynk-nikiel... 90	
2.9.8.1	Urządzenia przyjmujące zwoje.....	90
2.9.8.2	Odtłuszczanie.....	90
2.9.8.3	Suszenie.....	92
2.9.8.4	Prowadnica wejściowa i wyrównywacz naciągu taśmy.....	92
2.9.8.5	Odtłuszczanie elektrolityczne.....	93
2.9.8.6	Trawienie.....	94
2.9.8.7	Nakładanie powłok galwanicznych.....	95
2.9.8.8	Polerka taśmy.....	96
2.9.8.9	Fosforanowanie.....	97
2.9.8.10	Pełne chromianowanie i płukanie chromianowe.....	97
2.9.8.11	Olejowanie.....	98
2.9.8.12	Prowadnica wyjściowa.....	98

2.9.9	Procesy ciągle elektrolitycznego cynowania.....	98
2.9.9.1	Oczyszczanie i odtłuszczanie.....	99
2.9.9.2	Trawienie	100
2.9.9.3	Cynowanie elektrolityczne	101
2.9.9.4	Wynoszenie.....	102
2.9.9.5	Znakowanie.....	102
2.9.9.6	Stapianie – wyblyszczanie cyny	102
2.9.9.7	Pasywacja	103
2.9.9.8	Olejowanie	104
2.9.10	Ciągle chromowanie elektrolityczne stali (ECCS)	105
2.9.10.1	Oczyszczanie i odtłuszczanie.....	105
2.9.10.2	Trawienie	107
2.9.10.3	Chromowanie	107
2.9.10.4	Wynoszenie i płukanie	108
2.9.10.5	Olejowanie	108
2.9.11	Ciągle ołowiowanie elektrolityczne stali	108
2.10	Obróbka aluminiowych płyt litograficznych	108
2.10.1	Ziarnowanie powierzchni	109
2.10.2	Utlenianie anodowe (anodowanie)	109
2.10.3	Obróbka końcowa	109
2.10.4	Pokrywanie i dalsza obróbka.....	109
2.11	Produkcja obwodów drukowanych	110
2.11.1	Operacje przygotowawcze.....	114
2.11.1.1	Projektowanie obwodów	114
2.11.1.2	Tworzenie fotoobrazu.....	114
2.11.1.3	Sitodruk	114
2.11.2	Etapy produkcji.....	115
2.11.2.1	Przygotowanie mechaniczne i chemiczne	115
2.11.2.2	Wiercenie	116
2.11.2.3	Tworzenie pierwotnego obrazu.....	116
2.11.2.4	Wskrośne nakładanie warstwy przewodzącej.....	120
2.11.2.5	Pokrywanie elektrolityczne ścieżki przewodzącej.....	122
2.11.2.6	Wiązanie wewnętrznych warstw.....	124
2.11.2.7	Laminowanie.....	124
2.11.2.8	Zdejmowanie fotorezystu	125
2.11.2.9	Trawienie	127
2.11.2.10	Zdejmowanie warstwy cyny	128
2.11.2.11	Nakładanie maski lutowniczej	129
2.11.3	Dodatkowe operacje obróbki powierzchniowej	131
2.11.3.1	Nakładanie lutowni.....	131
2.11.3.2	Nakładanie warstwy niklu, złota i/lub cyny	132
2.11.3.3	Pasywacja organiczna.....	132
2.11.3.4	Inne operacje – odmetalizowanie zawieszek i koszy	132
2.12	Czynniki energetyczne.....	132
2.12.1	Energia.....	132
2.12.1.1	Energia elektryczna	133
2.12.1.2	Paliwa kopalniane i ogrzewanie procesów	134
2.12.1.3	Chłodzenie kąpieli technologicznych.....	134
2.12.1.4	Inne zapotrzebowania energetyczne instalacji.....	134
2.12.2	Woda	134

2.13	Zmniejszanie potencjalnych emisji do środowiska	135
2.13.1	Ścieki.....	135
2.13.1.1	Techniki obróbki	137
2.13.1.2	Substancje organiczne	137
2.13.1.3	Kwasy i alkalia.....	138
2.13.1.4	Zawiesiny.....	139
2.13.1.5	Metale – rozpuszczalne aniony	139
2.13.1.6	Redukcja stopnia utlenienia jonów metali.....	139
2.13.1.7	Wytrącanie zawiesiny metali	139
2.13.1.8	Związki kompleksotwórcze (chelatujące)	141
2.13.1.9	Związki azotowe	141
2.13.1.10	Cyjanki.....	142
2.13.1.11	Siarczki	142
2.13.1.12	Fluorki	142
2.13.1.13	Związki fosforowe.....	142
2.13.1.14	Inne sole.....	143
2.13.1.15	Końcowe doczyszczanie odprowadzanych ścieków	143
2.13.2	Odpady	143
2.13.2.1	Odwadnianie szlamu (osadu).....	143
2.13.2.2	Suszenie osadu	143
2.13.2.3	Odpady ciekłe	143
2.13.2.4	Inne odpady stałe.....	143
2.13.2.5	Stabilizacja osadu.....	144
2.13.2.6	Wykorzystanie odpadów	144
2.13.3	Gazy odpadowe i inne emisje gazowe	144
2.13.3.1	Źródła emisji i ich rodzaje	144
2.13.3.2	Sposoby redukcji emisji.....	145
2.13.3.3	Systemy ekstrakcyjne	145
2.13.3.4	Obróbka gazów odpadowych.....	145
2.13.4	Hałas.....	146
3	AKTUALNE ZUŻYCIĘ ENERGII I MATERIAŁÓW ORAZ POZIOMY	
	EMISJI DLA OBRÓBKI POWIERZCHNIOWEJ METALI I TWORZYW	
	SZTUCZNYCH.....	147
3.1	Wprowadzenie – czynniki energetyczne i materiały wejściowe.....	147
3.2	Zużycie i emisje – czynniki energetyczne	148
3.2.1	Energia.....	148
3.2.2	Woda	148
3.2.3	Zużycie i emisje – materiały.....	149
3.2.3.1	Obróbka wstępna – odtłuszczenie	149
3.2.3.2	Trawienie	150
3.2.3.3	Płukanie	151
3.2.3.4	Główne procesy obróbki powierzchniowej	151
3.3	Ogólne emisje.....	154
3.3.1	Ścieki.....	154
3.3.1.1	Wnioski dotyczące emisji ścieków	161
3.3.2	Odpady	164
3.3.3	Emisje do powietrza.....	165
3.3.3.1	Wnioski dotyczące emisji do powietrza.....	174
3.3.4	Hałas.....	178
3.4	Zużycie i emisje dla innych procesów.....	179

3.4.1	Ciągłe elektrolityczne powłoki cynowe i chromowe na stali (ECCS).....	179
3.4.2	Ciągłe elektrolityczne powłoki niklowe i stopowe cynk-nikiel na stali	181
3.4.3	Produkcja obwodów drukowanych.....	182
3.4.3.1	Zużycie wody w produkcji obwodów drukowanych	182
3.4.3.2	Surowce i inne produkty oraz ich potencjalne wykorzystanie.....	182
3.4.3.3	Ścieki z produkcji obwodów drukowanych.....	186
3.4.3.4	Odpady z produkcji obwodów drukowanych	186
3.4.3.5	Emisje do powietrza z produkcji obwodów drukowanych.....	187
4	TECHNIKI DO UWZGLĘDNIENIA PRZY OKREŚLANIU BAT	189
4.1	Techniki zarządzania	190
4.1.1	Narzędzia zarządzania środowiskowego.....	190
4.1.1.1	Specyficzne zagadnienia EMS dla obróbki powierzchniowej metali	198
4.1.2	Redukcja przeróbki braków przez specyfikację procesów i kontrolę jakości	199
4.1.3	Stosowanie porównawczych wartości wskaźnikowych instalacji (benchmarking).....	201
4.1.3.1	Wartości wskaźnikowe zużycia wody.....	203
4.1.4	Optymalizacja linii technologicznej.....	205
4.1.5	Kontrola rzeczywistego czasu trwania procesu.....	206
4.2	Projektowanie, budowa i eksploatacja instalacji.....	207
4.2.1	Zapobieganie nieplanowanym emisjom zanieczyszczeń – właściwe zaprojektowanie, budowa i inne systemy	207
4.2.1.1	Szczelne tace olejowe.....	209
4.2.2	Magazynowanie materiałów chemicznych.....	210
4.2.3	Typ i konstrukcja linii technologicznej.....	211
4.3	Ogólne kwestie eksploatacyjne instalacji	212
4.3.1	Ochrona wyrobów i substratów – przed i po obróbce.....	212
4.3.1.1	Skracanie okresu magazynowania	212
4.3.1.2	Warunki transportu i magazynowania.....	213
4.3.1.3	Pakowanie	213
4.3.1.4	Ochrona przed korozją przez stosowanie olejów i tłuszczów	214
4.3.2	Minimalizacja i optymalizacja zabezpieczeń z poprzedniej obróbki mechanicznej – oleje i tłuszcze.....	215
4.3.3	Zawieszanie wyrobów w wannach	216
4.3.4	Mieszanie roztworów technologicznych	216
4.3.5	Instalacja i jej urządzenia – warunki eksploatacji.....	217
4.4	Czynniki energetyczne i zarządzanie nimi.....	217
4.4.1	Energia elektryczna	218
4.4.1.1	Zasilanie wysokonapięciowe i zapotrzebowanie wielkopiętne	218
4.4.1.2	Doprowadzanie prądu stałego	219
4.4.1.3	Urządzenia wydajne energetycznie	220
4.4.1.4	Optymalizacja wydajności energetycznej procesów	220
4.4.2	Ogrzewanie roztworów technologicznych	221
4.4.3	Redukcja strat cieplnych roztworów technologicznych.....	221
4.4.4	Chłodzenie roztworów technologicznych	223
4.4.4.1	Wodne systemy chłodzenia	223
4.4.4.2	Odparowanie	224
4.4.5	Woda	225
4.4.5.1	Dostawa wody, jej obróbka i recykling/ponowne użycie.....	225
4.4.5.2	Kontrola zużycia wody.....	226
4.4.5.3	Stopnie płukania z użyciem wody recykulowanej.....	228

4.5	Redukcja wnoszenia	229
4.6	Redukcja wynoszenia	229
4.6.1	Uwagi wstępne.....	229
4.6.2	Stosowanie kompatybilnych chemikaliów	230
4.6.3	Redukcja wynoszenia – operacje prowadzone na zawieszkach	230
4.6.4	Redukcja wynoszenia – procesy prowadzone w bębnach.....	232
4.6.5	Właściwości roztworów technologicznych i ich wpływ na wynoszenie	235
4.6.6	Przejęcie od obcieku wyniesionego roztworu do płukania	236
4.7	Techniki płukania i odzysk wynoszenia	236
4.7.1	Wprowadzenie	236
4.7.2	Odparowanie jako wymaganie dla odzysku wynoszenia.....	238
4.7.3	Porównawcze wartości wskaźnikowe (benchmarking) dla płukania.....	239
4.7.4	Płukanie „eco”	239
4.7.5	Płukanie natryskowe	340
4.7.6	Linie ręczne i pół-automatyczne.....	241
4.7.7	Płukanie chemiczne.....	242
4.7.8	Regeneracja i recykling/ponowne użycie wody płuczącej.....	243
4.7.8.1	Regeneracja metodą jonowymienną.....	243
4.7.8.2	Regeneracja metodą odwróconej osmozy	244
4.7.9	Techniki pojedynczego płukania	244
4.7.10	Techniki płukania wielostopniowego	245
4.7.10.1	Wielostopniowe płukanie przeciwprądowe.....	248
4.7.10.2	Wielostopniowe płukanie bezprzepływowe	249
4.7.10.3	Podwójne płukanie bezprzepływowe z następnym płukaniem końcowym w wodzie recykulowanej.....	251
4.7.10.4	Wielostopniowe płukanie kaskadowe przy ograniczonym miejscu w linii technologicznej	252
4.7.11	Zwiększony stopień odzysku wynoszenia i zamknięcie obiegu.....	253
4.7.11.1	Dodatek płuczki „eco”.....	256
4.7.11.2	Odparowanie przy użyciu nadmiarowej energii wewnętrznej.....	256
4.7.11.3	Odparowanie przy użyciu dodatkowej energii w wyparce.....	258
4.7.11.4	Elektrodializa	260
4.7.11.5	Odwrócona osmoza - proces w zamkniętym obiegu.....	261
4.7.11.6	Chromowanie elektrolityczne - proces w zamkniętym obiegu.....	264
4.7.12	Kombinowane techniki – szerokie przybliżenie.....	265
4.7.13	Techniki bezściekowe (zero ścieków)	267
4.8	Inne techniki optymalizacji zużycia surowców	267
4.8.1	Kontrola stężenia chemikaliów procesowych w kąpeli	267
4.8.2	Różne wydajności elektrodowe	269
4.8.3	Przełączanie polaryzacji elektrod w procesach elektrolitycznych.....	270
4.9	Substytucja – wybór materiałów surowcowych i procesów	271
4.9.1	Substytucja EDTA i innych silnych związków kompleksotwórczych (chelatujących)	272
4.9.2	Substytucja i redukcja toksycznych związków powierzchniowo czynnych (NPE i PFOS).....	273
4.9.3	Substytuty cyjanków – przegląd	274
4.9.4	Cynkowanie elektrolityczne	275
4.9.4.1	Cynkowanie alkaliczne cyjankowe	275
4.9.4.2	Cynkowanie alkaliczne bezcyjankowe.....	275
4.9.4.3	Cynkowanie kwaśne	276

4.9.4.4	Nakładanie stopowych powłok cynku.....	277
4.9.5	Inne roztwory oparte na cyjankach	278
4.9.6	Substytucja i minimalizacja chromu Cr(VI).....	278
4.9.7	Minimalizacja uwalniania chromu Cr(VI) z pokrywanych Powierzchni.....	279
4.9.8	Techniki chromowania elektrolitycznego	280
4.9.8.1	Chromowanie w kąpielach chromu Cr(VI)	280
4.9.8.2	„Zimne chromowanie”- kąpiel oparta na chromie Cr(VI).....	281
4.9.8.3	Chromowanie w kąpeli opartej na chlorku chromu Cr(III).....	282
4.9.8.4	Chromowanie w kąpeli opartej na siarczanie chromu Cr(III)	284
4.9.9	Procesy bezchromowe – nakładanie innych powłok	285
4.9.10	Chromowe powłoki konwersyjne	287
4.9.10.1	Roztwory chromu Cr(VI)	288
4.9.10.2	Procesy konwersyjne z roztworów chromu Cr(III).....	288
4.9.10.3	Procesy konwersyjne z roztworów bezchromowych	289
4.9.11	Anodowanie w kwasie chromowym	290
4.9.12	Fosforano-chromianowanie (fosforanowanie z chromianowaniem)	290
4.9.13	Substytucja mechanicznego polerowania.....	290
4.9.14	Substytucja i dobór odtłuszczenia.....	291
4.9.14.1	Mechaniczne oczyszczanie wstępne – odwirowanie	291
4.9.14.2	Odtłuszczenie rozpuszczalnikowe	291
4.9.14.3	Chemiczne odtłuszczenie wodne	292
4.9.14.4	Łagodne odtłuszczenie emulsyjne.....	293
4.9.14.5	Odtłuszczenie biologiczne	295
4.9.14.6	Odtłuszczenie suchym lodem	295
4.9.14.7	Odtłuszczenie ultradźwiękowe	295
4.9.14.8	Odtłuszczenie elektrolityczne z kontrolą pH.....	297
4.9.14.9	Systemy wysoko wydajnego odtłuszczenia.....	297
4.9.15	Inne techniki odtłuszczenia	298
4.9.16	Substytucja przez procesy alternatywne	298
4.10	Powszechnie stosowane techniki obróbki wód i roztworów wodnych: woda zasilająca, woda z płukania, obróbka ścieków, roztworów technologicznych i odzysk materiałów	300
4.11	Konserwacja roztworów technologicznych	305
4.11.1	Filtracja kąpeli	308
4.11.2	Elektrodializa.....	309
4.11.3	Retardacja jonowa (sorpcja kwasów na jonitach).....	309
4.11.3.1	Regeneracja roztworów kwasu siarkowego z anodowania	310
4.11.4	Krystalizacja węglanów i siarczanów metali.....	311
4.11.5	Odzysk roztworów do trawienia aluminium	313
4.11.6	Obróbka za pomocą węgla aktywnego.....	314
4.11.7	Usuwanie zanieczyszczeń metalicznych na jonitach	314
4.11.8	Elektroliza - oczyszczanie kąpeli technologicznych.....	316
4.11.9	Elektroliza - usuwanie nadmiaru metalu z kąpeli technologicznych.....	316
4.11.10	Elektroliza - utlenianie produktów rozkładu	317
4.11.11	Elektroliza membranowa do konserwacji roztworów chromowych.....	317
4.11.12	Oczyszczanie i regeneracja roztworów do fosforanowania	319
4.11.13	Konserwacja kąpeli do odtłuszczenia	320
4.11.13.1	Kaskadowe (wielostopniowe) użycie kąpeli do odtłuszczenia.....	320
4.11.13.2	Proste metody odtłuszczenia.....	321
4.11.13.3	Separatory statyczne dla kąpeli do odtłuszczenia	322

4.11.13.4	Biologiczna regeneracja kąpeli do odtłuszczenia	322
4.11.13.5	Odwieranie kąpeli do odtłuszczenia.....	325
4.11.13.6	Membranowa filtracja emulgujących kąpeli do odtłuszczenia (mikro- i ultrafiltracja)	326
4.11.13.7	Wielostopniowa konserwacja kąpeli do odtłuszczenia	328
4.11.13.8	Konserwacja kąpeli do odtłuszczenia elektrolitycznego.....	328
4.11.14	Trawienie.....	328
4.11.14.1	Metody zmniejszania zużycia kwasu do trawienia	329
4.11.14.2	Przedłużanie okresu użytkowania roztworów trawiących metodą dializy dyfuzyjnej	330
4.11.14.3	Odzysk miedzi z kąpeli trawiących.....	333
4.12	Odzysk metali procesowych	333
4.12.1	Odzysk elektrolityczny.....	333
4.12.2	Wymiana jonowa - odzysk metali szlachetnych z wód płuczających	336
4.12.3	Chromianowanie	337
4.12.4	Wytrącanie.....	337
4.13	Procesy końcowe – techniki związane z określaniem BAT	337
4.13.1	Suszenie.....	337
4.13.2	Usuwanie kruchości wodorowej.....	338
4.14	Wieloseryjna obróbka ciągła taśm stalowych w zwojach.....	338
4.14.1	Zastosowanie sterowania cyfrowego	338
4.14.2	Szczelne tace olejowe.....	339
4.14.3	Wydajność energetyczna	339
4.14.3.1	Wysokosprawne silniki	339
4.14.3.2	Zwiększanie przewodności elektrolitu	340
4.14.4	Wydajne użycie wody	340
4.14.4.1	Recykling wody chłodzącej.....	340
4.14.4.2	Stosowanie systemów płukania kaskadowego.....	340
4.14.5	Wąłki zbierające.....	341
4.14.6	Elektrolityczne odtłuszczenie taśmy	341
4.14.7	Zastosowanie ultrafiltracji do regeneracji kąpeli do odtłuszczenia	341
4.14.8	Kaskadowe (wielostopniowe) użycie kąpeli do odtłuszczenia.....	341
4.14.9	Kontrola roztworu kwasu w sekcji trawienia	341
4.14.10	Kontrola i nadzór nad zużyciem elektrolitu	342
4.14.11	Zmianianie biegunowości elektrod w procesach elektrolitycznych	342
4.14.12	Optymalizacja odległości międzyelektrodowej.....	343
4.14.13	Polerowanie wałka prowadzącego.....	343
4.14.14	Stosowanie polerki krawędziowej	344
4.14.15	Stosowanie masek krawędziowych.....	344
4.14.16	Minimalizacja zużycia oleju przez zastosowanie obudowanych smarownic elektrostatycznych.....	345
4.14.17	Konserwacja roztworów technologicznych.....	345
4.14.17.1	Oczyszczanie i recyrkulacja kąpeli do odtłuszczenia	345
4.14.17.2	Ciągła filtracja i regeneracja kąpeli do cynkowania	346
4.14.17.3	Ciągłe usuwanie żelaza z kąpeli do cynkowania	346
4.14.17.4	Oczyszczanie i regeneracja kąpeli do fosforanowania.....	347
4.14.17.5	Oczyszczanie i regeneracja kąpeli do chromianowania	347
4.14.18	Ograniczanie emisji do powietrza.....	348
4.14.18.1	Ekstrakcja i adsorpcja w skrubkach	348
4.14.18.2	Przykrywane kąpiele technologiczne	348

4.14.19	Procesy oczyszczania ścieków	349
4.14.20	Odzysk resztkowych metali ze zbiorników ścieków	349
4.15	Produkcja obwodów drukowanych	349
4.15.1	Wytwarzanie warstw wewnętrznych.....	350
4.15.2	Płukanie międzyoperacyjne.....	350
4.15.3	Bezprądowe (katalityczne) nakładanie metali	350
4.15.4	Elektrolityczne nakładanie metali.....	351
4.15.5	Wywoływanie suchego fotorezystu za pomocą węgla sodu	351
4.15.6	Trawienie	352
4.15.7	Recykling alkalicznego roztworu trawiącego z odzyskiem miedzi (metodą wymiany jonowej ciecz-ciecz).....	353
4.15.8	Usuwanie fotorezystu.....	355
4.15.9	Zdejmowanie warstwy cyny	355
4.15.10	Usuwanie zużytych roztworów.....	356
4.15.11	Emisje rozpuszczalników z nakładania maski lutowniczej.....	357
4.16	Techniki zmniejszania emisji ścieków	357
4.16.1	Identyfikacja strumieni ścieków	358
4.16.2	Eliminacja i/lub separacja poszczególnych zanieczyszczeń w miejscu ich powstawania	358
4.16.3	Oddzielanie olejów i tłuszczów (węglowodorów) od ścieków	360
4.16.4	Utlenianie cyjanków.....	360
4.16.5	Usuwanie azotynów	361
4.16.6	Usuwanie chromianów	362
4.16.7	Flokulacja i wytrącanie metali.....	363
4.16.7.1	Wytrącanie wodorotlenków	363
4.16.7.2	Wytrącanie siarczków	364
4.16.7.3	Inne flokulanty	365
4.16.8	Środki kompleksotwórcze	365
4.16.9	Wytrącanie anionów.....	366
4.16.9.1	Wytrącanie fluorków	366
4.16.9.2	Wytrącanie fosforanów	367
4.16.9.3	Wytrącanie siarczanów.....	367
4.16.10	Obróbka końcowa przed odprowadzeniem ścieków.....	368
4.16.10.1	Sedymentacja	369
4.16.10.2	Flotacja	370
4.16.10.3	Filtracja.....	371
4.16.11	Techniki kombinowane	371
4.16.12	Techniki bezściekowe (techniki zero ścieków)	371
4.16.12.1	Metody termiczne.....	372
4.16.12.1.1	Wyparki próżniowe ze sprężaniem pary	372
4.16.12.1.2	Wyparki na podczerwień	373
4.16.12.2	Technologie membranowe i procesy fizyko-chemiczne	374
4.16.12.2.1	Obróbka poprzez ultrafiltrację.....	374
4.16.12.2.2	Obróbka przez ultrafiltrację połączoną z odwróconą osmozą	375
4.16.13	Monitoring, końcowa kontrola i odprowadzanie ścieków	377
4.17	Gospodarka odpadami	378
4.17.1	Powstawanie odpadów i gospodarka odpadami	378
4.17.2	Minimalizacja odpadów i ich unikanie	379
4.17.3	Wykorzystanie i recykling odpadów.....	379

4.17.4	Miejscowy odzysk elektrolityczny	381
4.18	Techniki zmniejszania emisji do powietrza	381
4.18.1	Dodatki zmniejszające emisje.....	381
4.18.2	Ekstrakcja (odciąganie) powietrza, pokrywy wanien i techniki obróbki	382
4.18.3	Redukcja objętości odciąganego powietrza.....	384
4.18.4	Obróbka odciąganego powietrza	387
4.18.5	Metody kontroli odciąganego powietrza.....	387
4.18.6	Odzysk energii cieplnej z odciąganego powietrza.....	387
4.19	Hałas	388
5	NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI.....	389
5.1	Ogólne zasady BAT.....	391
5.1.1	Techniki zarządzania.....	391
5.1.1.1	Zarządzanie środowiskowe.....	391
5.1.1.2	Operacje porządkowe i konserwacyjne	392
5.1.1.3	Minimalizacja wpływu przeróbki braków	392
5.1.1.4	Stosowanie porównawczych wartości wskaźnikowych (benchmarking) instalacji	393
5.1.1.5	Optymalizacja i kontrola linii technologicznej	393
5.1.2	Projektowanie, budowa i eksploatacja instalacji	393
5.1.2.1	Magazynowanie chemikaliów oraz obrabianych wyrobów/ materiałów podłoża.....	394
5.1.3	Mieszanie roztworów technologicznych	395
5.1.4	Czynniki energetyczne - energia i woda	395
5.1.4.1	Energia elektryczna - zapotrzebowanie wysokonapięciowe i wielkoprądowe	395
5.1.4.2	Ogrzewanie kąpieli.....	396
5.1.4.3	Redukcja strat cieplnych.....	396
5.1.4.4	Chłodzenie	396
5.1.5	Minimalizacja powstających ścieków i odpadów.....	397
5.1.5.1	Minimalizacja zużycia wody w procesach technologicznych	397
5.1.5.2	Redukcja wnoszenia	397
5.1.5.3	Redukcja wynoszenia	397
5.1.5.3.1	Obniżanie lepkości	398
5.1.5.4	Płukanie	398
5.1.6	Odzysk materiałów surowcowych i gospodarka odpadami	399
5.1.6.1	Zapobieganie stratom i ich redukcja	400
5.1.6.2	Ponowne wykorzystanie	400
5.1.6.3	Odzysk materiałów i zamknięte obiegi materiałowe	400
5.1.6.4	Recykling i odzysk	402
5.1.6.5	Inne techniki optymalizacji użycia materiałów surowcowych	402
5.1.7	Podstawowe procesy konserwacji kąpieli	402
5.1.8	Emisje ścieków	403
5.1.8.1	Minimalizacja wielkości strumienia oczyszczanych ścieków	403
5.1.8.2	Badanie, identyfikacja i separacja niektórych strumieni ścieków	403
5.1.8.3	Odprowadzanie ścieków	403
5.1.8.4	Techniki bezściekowe (techniki zero ścieków)	405
5.1.9	Odpady	405
5.1.10	Emisje do powietrza.....	405
5.1.11	Hałas.....	408

5.1.12	Ochrona wód gruntowych i zdawanie terenu po likwidacji instalacji	408
5.2	Zasady BAT dla poszczególnych procesów	408
5.2.1	Zawieszki.....	408
5.2.2	Linie zawieszkowe - redukcja wynoszenia	409
5.2.3	Linie bębnowe - redukcja wynoszenia	409
5.2.4	Linie ręczne	410
5.2.5	Substytucja i ograniczanie stosowania niebezpiecznych substancji.....	410
5.2.5.1	EDTA	410
5.2.5.2	PFOS (sulfonian perfluorooktanu).....	411
5.2.5.3	Cyjanki.....	411
5.2.5.4	Cyjanek cynku.....	411
5.2.5.5	Cyjanek miedzi	411
5.2.5.6	Kadm	412
5.2.5.7	Chrom Cr(VI).....	412
5.2.5.7.1	Chromowanie dekoracyjne	412
5.2.5.7.2	Chromowanie w kąpielach opartych na chromie Cr(VI).....	413
5.2.5.7.3	Chromowe powłoki konwersyjne (pasywacja chromianowa)	413
5.2.5.7.4	Powłoki fosforano-chromianowe	413
5.2.6	Substytucja polerowania.....	413
5.2.7	Substytucja i dobór odtłuszczania.....	413
5.2.7.1	Odtłuszczanie cyjankowe	414
5.2.7.2	Odtłuszczanie rozpuszczalnikowe	414
5.2.7.3	Odtłuszczanie wodne.....	414
5.2.7.4	Odtłuszczanie wysoko wydajne	414
5.2.8	Konserwacja kąpeli do odtłuszczania	414
5.2.9	Trawienie i inne stężone roztwory kwaśne – techniki przedłużania okresu ich użytkowania oraz ich odzysku	414
5.2.10	Odzysk roztworów chromu używanych do pasywacji chromianowej.....	415
5.2.11	Anodowanie	415
5.2.12	Wielkoseryjna obróbka ciągła taśm stalowych w zwojach	415
5.2.13	Produkcja obwodów drukowanych.....	416
6	NOWE TECHNIKI DLA OBRÓBK POWIERZCHNIOWEJ METALI I TWORZYW SZTUCZNYCH	417
6.1	Włączenie pokrywania galwanicznego do procesu wytwarzania wyrobów.....	417
6.2	Substytucja chromu Cr(VI) przez chrom Cr(III) do chromowania technicznego z użyciem zmodyfikowanego prądu pulsacyjnego.....	418
6.3	Substytucja chromu Cr(VI) przez chrom Cr(III) do pasywacji chromianowej.....	420
6.4	Nakładanie powłok glinu i jego stopów z elektrolitów organicznych.....	421
6.5	Produkcja obwodów drukowanych o zmniejszonym zużyciu materiałów	422
6.5.1	Bezpośrednie obrazowanie laserowe	422
6.5.2	Międzywarstwy łączące o wysokiej gęstości (HDI).....	422
6.5.3	Miniaturyzacja	423
7	UWAGI KOŃCOWE.....	425
7.1	Terminy prac	425
7.2	Źródła informacji.....	425
7.3	Stopień osiągniętego konsensusu	426
7.4	Zalecenia dla przyszłych prac	426
7.5	Sugerowane tematy przyszłych projektów badawczo-rozwojowych.....	429

ODNOŚNIKI.....	431
SŁOWNIK TERMINOLOGICZNY.....	439
8 ZAŁĄCZNIKI.....	453
8.1 Metale i ich związki w odpowiednich aktach prawnych i pozwoleniach.....	453
8.2 PFOS (sulfonian perfluorooktanu) w powierzchniowej obróbce metali i tworzyw sztucznych.....	455
8.3 Przykłady obowiązujących granicznych wartości emisji zanieczyszczeń.....	456
8.3.1 Uregulowania prawne stosujące się do obróbki powierzchniowej metali i tworzyw sztucznych we Francji.....	458
8.4 Monitoring	461
8.4.1 Ogólne zagadnienia monitoringu w obróbce powierzchniowej metali i tworzyw sztucznych	461
8.4.1.1 Węgiel organiczny.....	461
8.4.1.2 Monitoring powietrza	461
8.4.2 Monitoring bezpośredni ścieków z obróbki powierzchniowej metali i tworzyw sztucznych	461
8.5 Przykłady zakładów referencyjnych w Niemczech.....	466
8.5.1 Zakład referencyjny A.....	466
8.5.2 Zakład referencyjny C.....	474
8.5.3 Zakład referencyjny D.....	478
8.5.4 Zakład referencyjny E	482
8.5.5 Zakład referencyjny F	488
8.5.6 Zakład referencyjny G.....	494
8.5.7 Zakład referencyjny H.....	500
8.5.8 Zakład referencyjny K.....	506
8.5.9 Zakład referencyjny L.....	512
8.6 Zużycie chromu dla typowych małych linii chromowania dekoracyjnego	519
8.7 Wymiana jonowa – ogólny opis technik.....	520
8.8 Odtłuszczenie ultradźwiękowe – przykłady zastosowań.....	524
8.9 Przykład zastosowania redukcji objętości odciganego powietrza	527
8.10 Tablica uwag dotyczących zastosowania chromu Cr(VI) i Cr(III).....	527
8.11 Przykład obliczeń optymalizacji działania instalacji.....	528
8.12 Przykład obliczeń rachunku zysków z zastosowania redukcji emisji NO _x z trawienia wyblyszczającego aluminium	541
8.12.1 Przykłady galwanizerni w Niemczech stosujących minimalizację ścieków i technologie bezściekowe	543