

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	Elektropolowanie z wyładowaniami elektrycznymi (polerowanie plazmowo-elektrolityczne)	
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 kształtująca).....	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 – przewodnica wyjściowa	89
2.9.8	Procesy ciągle 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 ciągłe elektrolitycznego cynowania	98
2.9.9.1	Oczyszczanie i odtłuszczenie	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	Ciągłe chromowanie elektrolityczne stali (ECCS)	105
2.9.10.1	Oczyszczanie i odtłuszczenie	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	Ciągłe 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 (chelatuujące).....	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 OBRÓBKII 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 – odłuszczenie.....	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	Przejście 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 płuczającej	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 przeciwpądowe	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 kąpieli	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	Odwirowanie 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 płuczących.....	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	Wałki 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	Zmianie 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 (metoda 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 odtłuszczenia	413
5.2.7.1	Odtłuszczenie cyjankowe	414
5.2.7.2	Odtłuszczenie rozpuszczalnikowe	414
5.2.7.3	Odtłuszczenie wodne.....	414
5.2.7.4	Odtłuszczenie wysoko wydajne.....	414
5.2.8	Konserwacja kąpeli do odtłuszczenia.....	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 I 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 Odłuszczenie 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