

Spis treści

	Str.
Wiadomości wstępne	15
1. Uwagi ogólne	15
2. Podział (klasyfikacja) metod obróbki kół zębatach	15
3. Ruchy toczne i mechanizmy toczne	19
a. Ruchy toczne. Promień obróbczo-toczny. Kąt przyporu obróbczo-toczny	19
b. Mechanizmy toczne	21
4. Mechanizmy różnicowe w obrabiarkach do kół zębatach	22

Część pierwsza

Obróbka walcowych kół zębatach

I. Obróbka walcowych kół zębatach metodą kształtowa	26
1. Uwagi ogólne	26
2. Projektowanie zarysów narzędzi kształtowych oraz wzorników	27
a. Uwagi ogólne	27
b. Wykreślanie ewolwenty oraz zarysu wrębu	27
3. Zespoły frezów modułowych i zakresy ich stosowania	29
a. Wybór freza przy nacinaniu zębów prostych	29
b. Wybór freza przy nacinaniu zębów śrubowych	31
4. Obróbka kształtowa innymi narzędziami	31
5. Przeciaganie zębów specjalną głowicą	32
II. Obróbka metodami obwiedniowymi walcowych kół zębatach o uzębieniu zewnętrznym	34
A. Obróbka walcowych kół o zębatach prostych	34
1. Uwagi ogólne	34
2. Struganie za pomocą narzędzia-zębatki	35
a. Zasada działania	35
b. Konstrukcja narzędzia	42
1) Geometria ostrza oraz wymiary narzędzia	42
2) Tolerancje wykonawcze	49
3) Ostrzenie narzędzia	50
c. Mocowanie narzędzia	53
3. Struganie metodą Fellowsa	55
a. Zasada działania	55
b. Konstrukcja narzędzia	61
1) Geometria ostrza i wymiary narzędzia	62
2) Tolerancje wykonawcze	65
3) Ostrzenie narzędzia	65
c. Mocowanie narzędzia	66
4. Frezowanie obwiedniowe	67
a. Zasada działania	67
b. Konstrukcja narzędzia	70
1) Podstawy geometryczne konstrukcji freza ślimakowego	70
2) Ostrzenie freza ślimakowego	72
c. Mocowanie i ustawianie narzędzia	75

B. Obróbka walcowych kół o zębach śrubowych, strzałkowych (daszkowych) i łukowych	78
1. Uwagi ogólne	78
2. Struganie zębów śrubowych narzędziem-zębatką	78
a. Zasada działania	78
b. Konstrukcja specjalnego narzędzia-zębatki Maaga	82
1) Geometria ostrza	82
2) Ostrzenie narzędzia	85
3. Struganie zębów śrubowych na dłutownicy Fellowsa	85
a. Zasada działania	85
b. Konstrukcja narzędzia	87
4. Frezowanie obwiedniowe zębów śrubowych	89
5. Obróbka zębów strzałkowych	94
a. Uwagi ogólne	94
b. Metody obróbki zębów strzałkowych	94
1) Obróbka kształtowa	94
2) Obróbka obwiedniowa	96
6. Frezowanie walcowych kół o uzębieniu łukowym	98
a. Uwagi ogólne	98
b. Zasada działania	99
III. Obróbka wykańczająca walcowych kół zębatach	100
Uwagi ogólne	100
A. Wykańczanie zębów w stanie miękkim	101
1. Dogniatanie kół zębatach	101
2. Wiórkowanie kół zębatach	102
a. Zasada wiórkowania	102
1) Metoda Michigan Tool	102
2) Metoda Red Ring	103
b. Podstawy teoretyczne wiórkowania	107
c. Uwagi o konstrukcji narzędzi	108
B. Wykańczanie zębów w stanie twardym	109
1. Szlifowanie zębów	109
a. Uwagi ogólne	109
b. Szlifowanie metodami kształtowymi	109
1) Podział metod	109
2) Kształtowanie tarczy szlifierskiej	111
c. Szlifowanie metodami obwiedniowymi	113
1) Podział metod	113
2) Szlifowanie wg metody Maaga	115
a) Zasada działania	115
b) Szlifowanie zębów prostych	117
c) Szlifowanie zębów śrubowych	119
d) Dokładność szlifowania	119
3) Szlifowanie wg metody Deutsche Niles Werke	123
a) Zasada działania	123
b) Szlifowanie zębów prostych	126
c) Szlifowanie zębów śrubowych	127
d) Dokładność szlifowania	127
4) Szlifowanie wg metody C. Kolba	127
5) Szlifowanie wg metody Reishauera	128
a) Zasada działania	128
b) Kształtowanie tarczy szlifierskiej	128
2. Docieranie zębów	131
a. Uwagi ogólne	131
b. Metody docierania	131
1) Metoda Red Ring	131
2) Metoda Fritza Wenera	131
3) Metoda Klingelnerga	132
c. Porównanie metod docierania	133

	Str.
C. Zaokrąglanie zębów	133
1. Uwagi ogólne	133
2. Sposoby zaokrąglania	133
IV. Obróbka walcowych kół zębatach o uzębieniu wewnętrznym	135
1. Obróbka wg metody kształtowej	135
2. Obróbka wg metody obwiedniowej	138
3. Wykańczanie zębów	139
V. Obróbka zębatek	140
1. Obróbka wg metody kształtowej	140
2. Obróbka wg metody zastępczej	141
3. Obróbka wg metody obwiedniowej	143

Część druga

Obróbka stożkowych kół zębatach

Uwagi ogólne	145
I. Obróbka stożkowych kół zębatach metodami zastępczymi i kopiową	147
1. Obróbka wg metod zastępczych	147
a. Obróbka na frezarce poziomej przy użyciu podzielnicy	148
b. Przeciąganie obrotowe stożkowych kół o zębach prostych	151
2. Obróbka wg metody kopiowej	153
II. Obróbka stożkowych kół zębatach wg metod obwiedniowych	154
Uwagi ogólne	154
A. Obróbka stożkowych kół zębatach o zębach prostych	157
1. Struganie wg metody Bilgrama	157
a. Zasada działania	157
b. Konstrukcja narzędzi	158
1) Geometria ostrza	158
2) Ostrzenie narzędzi	160
2. Struganie wg metody Gleasona	160
a. Zasada działania	160
1) Mechanizm do strugającego ruchu roboczego	164
2) Mechanizm podziałowy	164
3) Mechanizm ruchu tocznego	165
4) Mechanizm ruchu posuwowego	166
b. Narzędzie	167
1) Geometria ostrza	167
2) Ostrzenie narzędzia	169
c. Ustawienie maszyny	169
1) Ustawienie głowicy narzędziowej	170
a) Ustawienie napędu narzędzi	170
b) Ustawienie prowadnic narzędziowych	171
c) Ustawienie narzędzi	172
2) Ustawienie głowicy przedmiotowej	174
a) Wychylenie głowicy	174
b) Odległość czoła wrzeciona przedmiotowego od punktu O	174
3) Ustawienie podziału	174
4) Ustawienie wielkości ruchu tocznego	174
5) Ustawienie ruchu przesuwowego i posuwowego	177
d. Szczególny przypadek obróbki stożkowego koła zębatego o zębach prostych	178
3. Uzyskiwanie beczkowego kształtu zęba	180
a. Uwagi ogólne	180
b. Uzyskiwanie beczkowego kształtu zęba przez ruch krzywoliniowy sań narzędzi	183
1) Ruch krzywoliniowy sań narzędzi wg Gleasona	183
2) Ruch krzywoliniowy sań narzędzi wg Heidenreicha & Harbecka	183

	Str.
c. Frezowanie zębów dużymi głowicami nożowymi	183
B. Obróbka stożkowych kół o zębach skośnych	183
1. Uwagi ogólne	183
2. Nacinanie zębów skośnych wg metody Bilgrama	184
3. Nacinanie zębów skośnych wg metody Heidenreicha & Harbecka	184
C. Obróbka stożkowych kół o zębach łukowych	185
1. Frezowanie wg metody Gleasona	185
a. Zasada działania	185
b. Narzędzie i geometria ostrza	189
c. Metody nacinania zębów w stożkowych kołach na frezarkach Gleasona	195
d. Szczególny przypadek obróbki koła stożkowego na specjalnej frezarce Gleasona	197
2. Frezowanie metodami Cravena i Fiat-Mammano	200
a. Zasada działania	200
1) Napęd głowicy frezowej	200
2) Ruch podziałowy	202
3) Ruch toczny	202
4) Napęd posuwu	202
b. Narzędzie	202
1) Konstrukcja narzędzia	202
2) Ostrzenie i nastawianie noży	203
3. Frezowanie wg metody Oerlikona	205
a. Zasada działania	205
b. Narzędzie	206
4. Frezowanie wg metody Klingelnberga	206
a. Zasada działania	206
b. Narzędzie	211
III. Obróbka wykańczająca stożkowych kół zębatych	211
1. Uwagi ogólne	211
2. Szlifowanie	211
a. Szlifowanie zębów prostych i skośnych	213
b. Szlifowanie zębów łukowych	214
3. Docieranie	214

Część trzecia

Obróbka przekładni ślimakowych

Uwagi ogólne	217
I. Obróbka walcowej przekładni ślimakowej	217
1. Obróbka ślimaków walcowych	217
a. Uwagi ogólne	217
b. Metody obróbki ślimaków	220
1) Obróbka toceniami	220
2) Obróbka frezowaniem	223
3) Obróbka metodami obwiedniowymi	224
4) Obróbka szlifowaniem	226
2. Obróbka kół ślimakowych	229
a. Uwagi ogólne	229
b. Metody obróbki kół ślimakowych	229
1) Obróbka kół ślimakowych na frezarce uniwersalnej	229
2) Obróbka kół ślimakowych na frezarce obwiedniowej	230
a) Metoda promieniowa	230
b) Metoda styczna	232
c) Wskazówki praktyczne	236
d) Porównanie metody promieniowej ze styczna	237
3) Wykańczanie zębów koła ślimakowego wiórkowaniem	237
3. Wykańczanie przekładni ślimakowych	237

	Str.
II. Obróbka globoidalnej przekładni ślimakowej	239
1. Uwagi ogólne	239
2. Obróbka ślimaka globoidalnego	239
a. Uwagi ogólne	239
b. Metody obróbki ślimaków globoidalnych	239
1) Obróbka toczeniem obwiedniowym	239
2) Obróbka frezowaniem	241
3) Obróbka struganiem	242
4) Wykańczanie szlifowaniem	242
3. Obróbka koła ślimakowego	242
a. Uwagi ogólne	242
b. Metody obróbki globoidalnych kół ślimakowych	242

Część czwarta

Technologia kół zębatach

Uwagi ogólne	244
I. Niektóre wymiary koła zębatego	245
1. Walcowe koła zębate	245
a. Średnica walca wierzchołkowego	245
b. Średnica walca dna wrębów	246
c. Szerokość rowka między wieńcami	247
1) Walcowe koła zębate o zębach prostych	247
a) Zęby strugane	247
b) Zęby frezowane	248
2) Walcowe koło zębate o zębach śrubowych	250
a) Zęby strugane	250
b) Zęby frezowane	253
2. Stożkowe koła zębate	253
a. Średnica wierzchołkowa	253
b. Długość tworzącej stożka podziałowego. Wysokość stożka wierzchołkowego	254
II. Mocowanie kół zębatach	254
1. Mocowanie walcowych kół zębatach	254
a. Mocowanie kół przy obróbce skrawającej	254
1) Mocowanie kół z otworami	254
2) Mocowanie kół trzpieniowych	258
b. Mocowanie kół przy obróbce wykańczającej	258
c. Mocowanie uchwytów na maszynie	263
d. Mocowanie koła obrabianego w uchwycie	266
2. Mocowanie stożkowych kół zębatach	268
III. Porównanie metod obróbki walcowych kół zębatach	270
Uwagi ogólne	270
A. Charakterystyka metod obróbki	271
1. Nacinanie zębów	271
a. Nacinanie zębów prostych	271
1) Struganie wg metod Maaga i Sunderlanda	271
2) Dłutowanie wg metody Fellowsa	271
3) Frezowanie obwiedniowe	272
b. Nacinanie zębów śrubowych i strzałkowych	272
1) Struganie wg metod Maaga i Sunderlanda	272
2) Dłutowanie wg metody Fellowsa	272
3) Frezowanie obwiedniowe	273
2. Wykańczanie zębów	273
a. Wykańczanie w stanie miękkim	273
1) Wiórkowanie	273
2) Docieranie	273
b. Wykańczanie w stanie twardym	273

	Str.
1) Szlifowanie zębów	273
2) Docieranie	274
B. Koszt obróbki zębów	274
1. Uwagi ogólne	274
2. Warunki skrawania	275
a. Uwagi ogólne	275
b. Frezowanie	282
1) Frezowanie kształtowe	282
2) Frezowanie obwiedniowe	282
c. Dłutowanie	285
d. Wiórkowanie	286
e. Szlifowanie	287
1) Szlifowanie wg metody Maaga	288
2) Szlifowanie wg metody Deutsche Niles Werke	290
3. Czas obróbki	290
a. Uwagi ogólne	290
b. Dłutowanie wg metod Maaga i Sunderlanda	291
c. Dłutowanie wg metody Fellowsa	291
d. Frezowanie obwiedniowe	295
e. Wiórkowanie	296
f. Szlifowanie na szlifierce Maaga	297
g. Szlifowanie na szlifierce Deutsche Niles Werke	298
4. Koszty wspólne bezpośrednie przypadające na 1 koło	299
a. Koszt zużycia narzędzia	299
b. Koszt uchwytu	301
c. Koszt energii elektrycznej	301
d. Koszty amortyzacyjne maszyn	302
e. Koszty ostrzenia narzędzi	302
5. Koszty wspólne pośrednie przypadające na 1 koło	303
C. Wybór metody obróbki	303
1. Wybór metody obróbki w zależności od wielkości serii	303
a. Produkcja jednostkowa i małoseryjna	303
b. Produkcja średnioseryjna	304
c. Produkcja wielkoseryjna i masowa	304
2. Wybór metody obróbki w zależności od wymiarów kół	306
3. Wybór metody obróbki kół podlegających obróbce cieplnej	306
IV. Porównanie metod obróbki stożkowych kół zębatach	307
1. Charakterystyka metod obróbki	307
a. Nacinanie zębów prostych	307
1) Przeciąganie	307
2) Struganie wg metod Bilgrama i Gleasona	307
3) Frezowanie	308
b. Nacinanie zębów łukowych	308
1) Frezowanie wg metody Gleasona	308
2) Frezowanie wg metody Fiat-Mammano	309
3) Frezowanie wg metody Oerlikona	309
4) Frezowanie wg metody Klingelnberga	310
2. Koszt obróbki zębów	310
a. Warunki skrawania	310
1) Obróbka zębów prostych i skośnych	310
a) Przeciąganie	310
b) Struganie	310
c) Frezowanie	311
2) Obróbka stożkowych kół o zębach łukowych	311
a) Frezowanie wg metody Gleasona	312
b) Frezowanie wg metody Fiat-Mammano	312
c) Frezowanie wg metody Oerlikona	312
d) Frezowanie wg metody Klingelnberga	313
b. Czas obróbki	314
c. Koszty wspólne bezpośrednie przypadające na 1 koło	316

	Str.
1) Obróbka zębów prostych	316
2) Obróbka zębów łukowych	316
3. Wybór metody obróbki	317
V. Porównanie metod obróbki kół ślimakowych	317
1. Uwagi ogólne	317
2. Warunki skrawania przy obróbce kół ślimakowych	318
a. Metoda promieniowa	318
b. Metoda styczna	318
1) Frezowanie frezem ślimakowym	318
2) Frezowanie pojedynczym nożem	319
VI. Przyczyny błędnego wykonania koła zębatego	319
1. Wpływ maszyny	319
2. Wpływ narzędzia	320
3. Wpływ uchwytu	321
4. Wpływ przedmiotu obrabianego	321
5. Wpływ niewłaściwej obsługi	321
6. Przyczyny przypadkowe	322
VII. Planowanie obróbki kół zębatych	323
1. Uwagi ogólne	323
2. Ogólne wytyczne	323
VIII. Obróbka cieplna kół zębatych	331
Uwagi ogólne	331
1. Nawęglanie	331
2. Hartowanie	332
a. Hartowanie z pieca	332
b. Hartowanie palnikiem	336
c. Hartowanie indukcyjne	337
IX. Montaż kół zębatych	340
Uwagi ogólne	340
1. Montaż walcowych kół zębatych o osiach równoległych	342
2. Montaż stożkowych kół zębatych	343
3. Montaż przekładni ślimakowych	347
X. Organizacja obróbki kół zębatych	347
Uwagi ogólne	347
1. Charakterystyki obrabiarek do kół zębatych	348
2. Karty ustawcze	355
3. Arkusze pomiarowe obrabiarek do kół zębatych	362
Literatura	369
Skorowidz rzeczowy	376