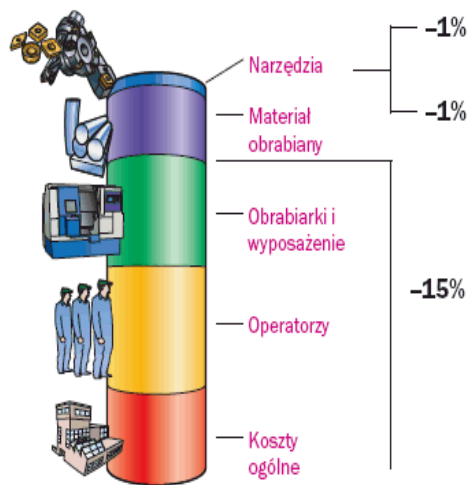


Piotr Całusiński

CZAS WYKONANIA BUDOWLANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STALOWYCH OBRABIANYCH METODĄ SKRAWANIA A PARAMETRY SKRAWANIA

Wprowadzenie

Przy obróbce wiórowej elementów konstrukcji budowlanych głównymi składnikami kosztu wytworzenia są koszty amortyzacji maszyny, koszty robocizny i koszty środków trwałych (hal produkcyjnych). W stosunku do tych wydatków koszty związane z narzędziami, energią potrzebną do wytworzenia elementów itd. stanowią niewielki udział. By osiągać jak najlepsze wyniki ekonomiczne przy produkcji metodami obróbki skrawania



Rys. 1. Zmiana całkowitych kosztów wytworzenia wg Sandvik Coromant [1]

elementów konstrukcji stalowych, dąży się więc do maksymalnego skrócenia czasu wytwarzania pojedynczego elementu konstrukcji. Ograniczeniem tych dążeń są zazwyczaj wymogi technologiczne i możliwości sprzętowo-narzędziowe. Dla osiągnięcia najlepszych rezultatów finansowych prowadzi się procesy optymalizacji procesu mające na celu uzyskanie maksymalnych możliwych obciążeń dla maszyn przy jednoczesnym wzroście poszczególnych parametrów obróbczych. Należy pamiętać, iż w procesach toczenia ruch roboczy występuje w większości wypadków wyłącznie w jednym kierunku, co powoduje, iż w maszynach roboczych dąży się do zwiększania prędkości ruchów ustawczych i ograniczania ilości koniecznych przejść roboczych.

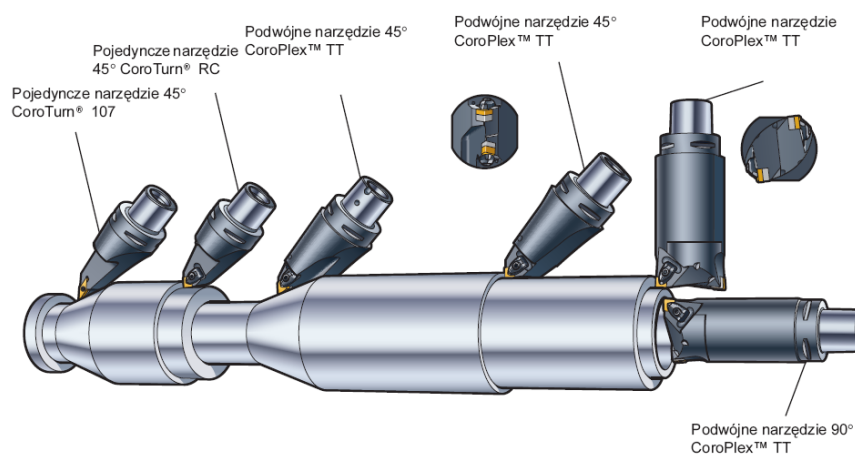
1. Czynniki wpływające na czas obróbki wiórowej

Przy ocenianiu ekonomiczności każdego procesu technologicznego ważnym czynnikiem wpływającym na ocenę jest czas wykonania danego elementu. Określając więc wydajność procesu skrawania, chodzi o określenie czasu potrzebnego na usunięcie założonej ilości materiału z przygotówki.

W skład całkowitego czasu obróbki wchodzi:

- czas mocowania przygotówki,
- czas wymiany narzędzia,
- czas dojazdu do przygotówki,
- czas skrawania,
- czas łamania wióra,
- czas odsunięcia narzędzia od materiału,
- czas wycofania narzędzia do następnego przejścia,
- czas powrotu na punkt wymiany narzędzia itd.

Przy procesach technologicznych przerywanych, jakie występują przy obróbce skrawaniem, przede wszystkim dąży się do skrócenia czasów ustawczych dla narzędzi obrabiających tak, aby jak najbardziej wykorzystać czas pracy obrabiarki na właściwe procesy skrawania. By to osiągnąć, zwiększa się prędkości dojazdowe ustawcze, które obecnie dochodzą nawet do 60 m/min, po czym określa najbliższe punkty możliwe do wymiany narzędzia. Konstruuje się narzędzia, które umożliwiają częściowe wyeliminowanie przejazdów ustawczych lub zmniejszają ilość koniecznych zmian narzędzi poprzez możliwość wykorzystywania danego narzędzia do kilku typów procesów technologicznych.



Rys. 2. Narzędzie skrawające w obu kierunkach dla tokarko-frezarki [1]

Oprócz zmniejszania czasów pośrednich dla procesów technologicznych równocześnie redukuje się konieczne czasy obróbki zgrubnej przez zwiększanie parametrów skrawania. By takie podejście było możliwe, zmienia się konstrukcje

oprawek, łamacze wiórów na płytkach skrawających, kształty krawędzi skrawających, stosowane materiały na płytki skrawające oraz sposoby wytwarzania elementów skrawających.

Podstawowymi parametrami przy procesie skrawania są: głębokość skrawania a_p , posuw f i prędkość skrawania v . Regulując te parametry, można zoptymalizować proces skrawania tak, by wiór oddzielany od materiału był bardzo krótki dla zapewnienia dobrego odprowadzania ciepła, obciążenia maszyny nie powodowały jej przeciążenia, a sam proces nie wytwarzał drgań lub innych zjawisk niepożądanych podczas obróbki. Wiele z maszyn, w których możliwe jest wykonanie symulacji drogi narzędzia, przelicza również czas potrzebny na wykonanie detalu z uwzględnieniem czasów przygotowawczych. Dzięki temu łatwiej określać czas wymagany na wykonanie pojedynczego detalu z założonymi wcześniej parametrami skrawania, a tym samym wycenić koszt wykonania wyrobu. Wykorzystując system sterowania, można więc wyznaczyć teoretyczny czas zdjęcia 1 m^3 w zależności od zmiany poszczególnych parametrów procesu.

2. Teoretyczna wydajność procesu skrawania w zależności od parametrów skrawania dla maszyny wielozadaniowej Integrex firmy Mazak

Wykorzystując system sterowania maszyny Integrex firmy Mazak (rys. 3), został wyznaczony czas konieczny na usunięcie 1 m^3 materiału w zależności od zadanych parametrów skrawania, wyniki zamieszczono w tabeli 1.



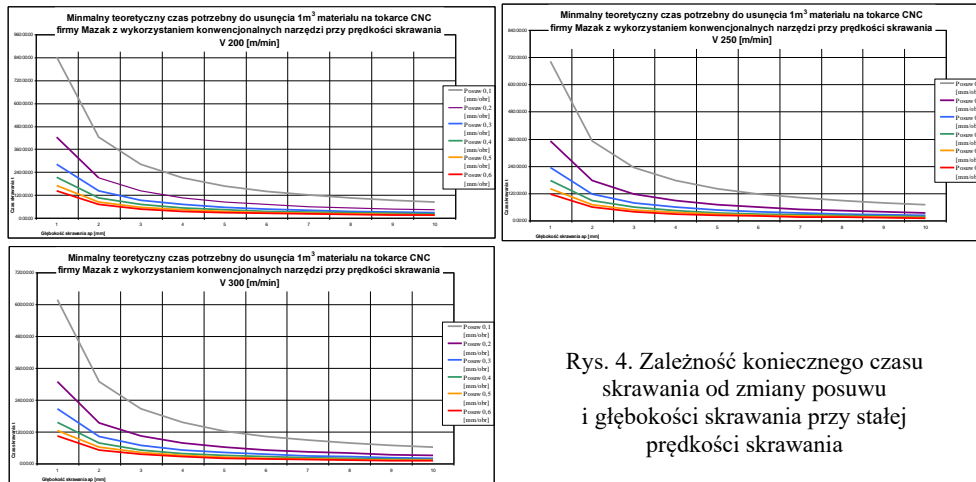
Rys. 3. Tokarko-frezarka Integrex firmy Mazak [2]

Jak można zauważyć na wykresach teoretycznego czasu skrawania 1 m^3 materiału, zmiana głębokości skrawania przy maszynach CNC, dysponujących dużymi prędkościami przejazdów nastawczych, jest zasadna jedynie w pewnych zakresach, tj. między 1,5 a 4 mm dla poszczególnych prędkości i posuwów. W tych granicach znacząco zmniejsza się czas potrzebny do usunięcia 1 m^3 materiału z przygotówki.

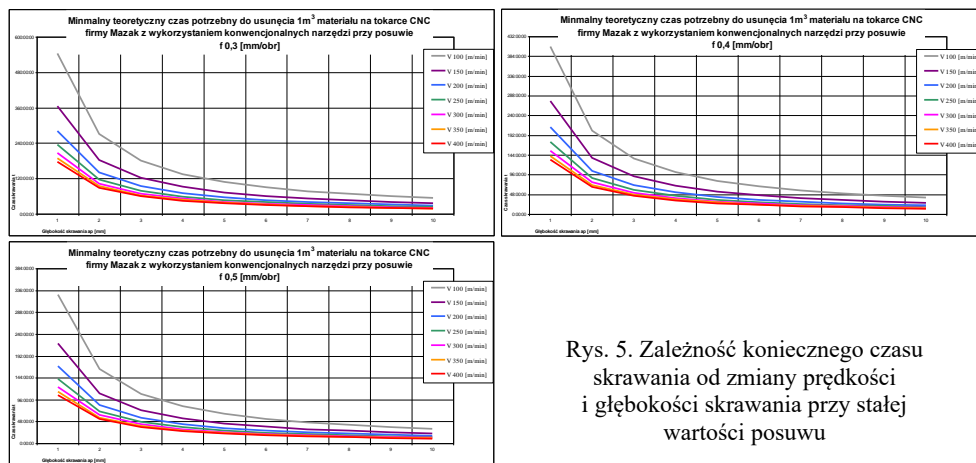
TABELA 1

Minimalny czas konieczny do usunięcia 1 m³ materiału w proc. skrawania zgrubnego w zależności od parametrów skrawania dla maszyny wielozadaniowej Integrex firmy Mazak

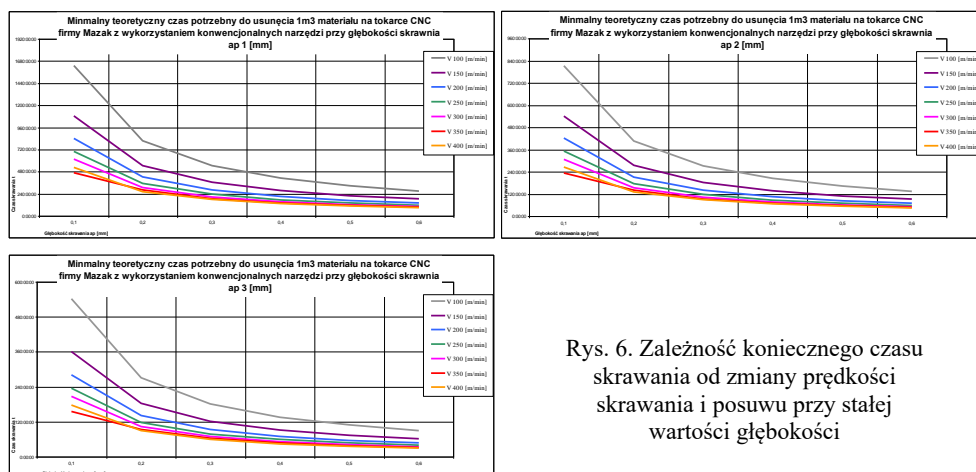
V [m/min]	a _p [mm]	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³	f [mm/obr]	Czas obróbki 1m ³
100	1	0,1	1629:34:12	0,2	815:09:36	0,3	543:38:32	0,4	407:53:00	0,5	326:25:44	0,6	272:07:28
100	2	0,1	813:08:00	0,2	406:46:12	0,3	271:17:00	0,4	203:32:24	0,5	162:53:40	0,6	135:47:52
100	3	0,1	542:15:32	0,2	271:14:08	0,3	180:56:24	0,4	135:45:32	0,5	108:39:00	0,6	90:34:36
100	4	0,1	405:52:40	0,2	203:04:04	0,3	135:26:00	0,4	101:37:00	0,5	81:19:32	0,6	67:47:56
100	5	0,1	323:16:12	0,2	161:44:40	0,3	107:52:28	0,4	80:56:20	0,5	64:46:40	0,6	54:00:16
100	6	0,1	269:29:28	0,2	134:50:52	0,3	89:56:12	0,4	67:28:52	0,5	54:00:28	0,6	45:01:32
100	7	0,1	230:31:32	0,2	115:21:28	0,3	76:56:20	0,4	57:43:44	0,5	46:12:12	0,6	38:31:12
100	8	0,1	202:15:00	0,2	101:13:04	0,3	67:30:32	0,4	50:39:16	0,5	40:32:28	0,6	33:48:00
150	1	0,1	1086:35:00	0,2	548:54:20	0,3	366:08:20	0,4	274:45:24	0,5	219:55:36	0,6	183:22:24
150	2	0,1	542:11:32	0,2	274:00:04	0,3	182:46:16	0,4	137:09:20	0,5	109:47:12	0,6	91:32:28
150	3	0,1	361:34:36	0,2	183:01:28	0,3	122:05:16	0,4	91:37:08	0,5	73:20:16	0,6	61:09:04
150	4	0,1	270:38:20	0,2	137:02:36	0,3	91:25:00	0,4	68:36:16	0,5	54:54:56	0,6	45:47:28
150	5	0,1	215:33:28	0,2	109:03:36	0,3	72:45:04	0,4	54:35:48	0,5	43:42:16	0,6	36:26:32
150	6	0,1	179:42:04	0,2	91:03:36	0,3	60:44:44	0,4	45:35:16	0,5	36:29:36	0,6	30:25:48
150	7	0,1	153:43:08	0,2	77:55:44	0,3	51:59:08	0,4	39:00:52	0,5	31:13:56	0,6	26:02:36
150	8	0,1	134:51:48	0,2	68:34:12	0,3	45:44:36	0,4	34:19:48	0,5	27:28:56	0,6	22:55:04
200	1	0,1	844:01:36	0,2	422:19:00	0,3	281:44:48	0,4	211:27:44	0,5	169:17:28	0,6	141:10:36
200	2	0,1	421:27:44	0,2	210:53:12	0,3	140:41:40	0,4	105:35:56	0,5	84:32:28	0,6	70:30:12
200	3	0,1	281:55:16	0,2	141:04:04	0,3	94:07:00	0,4	70:38:28	0,5	56:33:20	0,6	47:09:56
200	4	0,1	211:10:12	0,2	105:40:00	0,3	70:30:00	0,4	52:54:56	0,5	42:21:56	0,6	35:19:56
200	5	0,1	167:55:16	0,2	84:01:40	0,3	56:03:48	0,4	42:04:48	0,5	33:41:28	0,6	28:05:52
200	6	0,1	140:25:08	0,2	70:16:00	0,3	46:52:56	0,4	35:11:28	0,5	28:10:32	0,6	23:29:56
200	7	0,1	120:11:56	0,2	60:09:00	0,3	40:08:00	0,4	30:07:32	0,5	24:07:12	0,6	20:07:00
200	8	0,1	106:01:48	0,2	53:03:36	0,3	35:24:16	0,4	26:34:32	0,5	21:16:44	0,6	17:44:52
250	1	0,1	702:34:48	0,2	351:35:36	0,3	234:35:52	0,4	176:06:00	0,5	141:00:08	0,6	117:36:08
250	2	0,1	350:57:32	0,2	175:38:04	0,3	117:11:36	0,4	87:58:24	0,5	70:26:28	0,6	58:45:08
250	3	0,1	235:05:32	0,2	117:38:24	0,3	78:29:52	0,4	58:55:36	0,5	47:11:04	0,6	39:21:24
250	4	0,1	176:08:04	0,2	88:08:56	0,3	58:49:16	0,4	44:09:24	0,5	35:21:28	0,6	29:29:32
250	5	0,1	139:59:36	0,2	70:03:48	0,3	46:45:12	0,4	35:05:56	0,5	28:06:20	0,6	23:26:36
250	6	0,1	117:12:08	0,2	58:39:28	0,3	39:08:36	0,4	29:23:12	0,5	23:31:56	0,6	19:37:44
250	7	0,1	100:21:52	0,2	50:13:56	0,3	33:31:16	0,4	25:10:00	0,5	20:09:12	0,6	16:48:40
250	8	0,1	88:43:20	0,2	44:24:24	0,3	29:38:04	0,4	22:14:56	0,5	17:49:00	0,6	14:51:48
300	1	0,1	617:00:04	0,2	308:48:16	0,3	206:04:20	0,4	154:42:20	0,5	123:53:08	0,6	103:20:24
300	2	0,1	308:19:16	0,2	154:18:56	0,3	102:58:52	0,4	77:18:48	0,5	61:54:48	0,6	51:38:44
300	3	0,1	206:44:36	0,2	103:28:44	0,3	69:03:28	0,4	51:50:48	0,5	41:31:12	0,6	34:38:08
300	4	0,1	154:58:16	0,2	77:34:04	0,3	51:46:00	0,4	38:51:56	0,5	31:07:32	0,6	25:57:56
300	5	0,1	123:07:04	0,2	61:37:32	0,3	41:07:40	0,4	30:52:48	0,5	24:43:48	0,6	20:37:52
300	6	0,1	103:11:52	0,2	51:39:24	0,3	34:28:32	0,4	25:53:08	0,5	20:43:52	0,6	17:17:44
300	7	0,1	88:24:16	0,2	44:15:08	0,3	29:32:08	0,4	22:10:36	0,5	17:45:40	0,6	14:49:04
300	8	0,1	78:17:56	0,2	39:11:40	0,3	26:09:36	0,4	19:38:36	0,5	15:43:56	0,6	13:07:32
350	1	0,1	466:01:28	0,2	281:58:32	0,3	188:11:12	0,4	141:17:28	0,5	113:09:16	0,6	94:23:48
350	2	0,1	232:32:44	0,2	140:57:28	0,3	94:04:32	0,4	70:38:04	0,5	56:34:12	0,6	47:11:36
350	3	0,1	155:05:00	0,2	94:36:40	0,3	63:08:44	0,4	47:24:44	0,5	37:58:20	0,6	31:40:48
350	4	0,1	141:43:08	0,2	70:56:36	0,3	47:21:00	0,4	35:33:12	0,5	28:28:32	0,6	23:45:24
350	5	0,1	112:33:28	0,2	56:20:44	0,3	37:36:32	0,4	28:14:24	0,5	22:37:08	0,6	18:52:16
350	6	0,1	94:26:12	0,2	47:16:32	0,3	31:33:20	0,4	23:41:44	0,5	18:58:44	0,6	15:50:08
350	7	0,1	80:55:52	0,2	40:30:56	0,3	27:02:40	0,4	20:18:28	0,5	16:16:00	0,6	13:34:20
350	8	0,1	71:47:08	0,2	35:56:16	0,3	23:59:20	0,4	18:00:52	0,5	14:25:48	0,6	12:02:24
400	1	0,1	529:38:32	0,2	265:07:28	0,3	176:57:00	0,4	132:51:56	0,5	106:24:52	0,6	88:46:48
400	2	0,1	264:50:20	0,2	132:34:28	0,3	88:29:12	0,4	66:26:36	0,5	53:13:00	0,6	44:23:56
400	3	0,1	177:53:12	0,2	89:03:04	0,3	59:26:20	0,4	44:37:56	0,5	35:44:56	0,6	29:49:36
400	4	0,1	133:25:24	0,2	66:47:36	0,3	44:35:04	0,4	33:28:44	0,5	26:49:00	0,6	22:22:28
400	5	0,1	105:57:32	0,2	53:02:48	0,3	35:24:32	0,4	26:35:24	0,5	21:17:56	0,6	17:46:16
400	6	0,1	88:57:48	0,2	44:32:20	0,3	29:43:52	0,4	22:19:36	0,5	17:53:04	0,6	14:55:20
400	7	0,1	76:15:44	0,2	38:10:52	0,3	25:29:16	0,4	19:08:28	0,5	15:19:56	0,6	12:47:40
400	8	0,1	67:42:56	0,2	33:54:12	0,3	22:37:56	0,4	16:59:48	0,5	13:36:56	0,6	11:21:44



Rys. 4. Zależność koniecznego czasu skrawania od zmiany posuwu i głębokości skrawania przy stałej prędkości skrawania



Rys. 5. Zależność koniecznego czasu skrawania od zmiany prędkości i głębokości skrawania przy stałej wartości posuwu



Rys. 6. Zależność koniecznego czasu skrawania od zmiany prędkości skrawania i posuwu przy stałej wartości głębokości

Przy głębokościach powyżej 4 mm zmiana czasu potrzebnego do wykonania zadania jedynie nieznacznie maleje, jednocześnie znacząco wzrasta obciążenie maszyny jako funkcja liniowa związana z głębokością skrawania. Dodatkowo konieczna jest redukcja prędkości skrawania i posuwu dla zapewnienia stabilności prowadzonego procesu technologicznego. Zwiększenie głębokości skrawania wymaga również zastosowania odpowiedniego sposobu mocowania materiału obrabianego, by nie doszło do wyrwania przygotówki z mocowania podczas obróbki wiórowej.

Co do prędkości skrawania jej zakres optymalnej wartości dla intensywności procesu skrawania, a jednocześnie trwałości narzędzia zawiera się między 200 a 300 m/min. Jak można zauważyć, zbyt niska prędkość skrawania powoduje długi czas obróbki, zaś dla narzędzia jest niekorzystna ze względu na zły spływ wióra, brak samoczynnego łamania wióra i nadmierne nagrzewanie się ostrza. Zbyt wysoka prędkość skrawania prowadzi natomiast do nadmiernego zużycia ostrza w wyniku tarcia. Szczególnie widoczne jest to dla gatunków węglików bardziej udurowionych, które charakteryzują się mniejszą twardością.

Posuw jako ostatni z podstawowych parametrów skrawania również powinien być regulowany w określonych zakresach. Jak widać na wykresach (rys. rys. 4-6), najbardziej efektywne zmiany ilości usuwanego materiału w jednostce czasu uzyskuje się w zakresie od 0,15 do 0,45 mm/obr. Regulacja tego parametru skrawania uzależniona jest w dużej mierze od rodzaju krawędzi skrawającej i zastosowanego łamacza wiórów. Przy doborze posuwu dąży się do tego, by wiór tworzony w procesie skrawania był bardzo krótki, a jego łamanie następowało samoczynnie. Odpowiedni odpływ wiórów zapewnia bowiem dłuższą trwałość ostrza w wyniku zmniejszenia nagrzewania się narzędzia. Uzyskuje się również dzięki temu zwiększenie dokładności wykonania detalu, ograniczając wzrost temperatury materiału obrobionego. Zbyt mały posuw powoduje problemy z złamaniem wióra, zbyt duży może powodować przeciążenia maszyny lub doprowadzić do wyłamania ostrza skrawającego.

Podsumowanie

Należy więc odpowiednio dobrać parametry obróbki, uwzględniając możliwości narzędzia, maszyny i wymagania, jakie stawia materiał i kształt przygotówki, tak by czas wykonania detalu był minimalny, obciążenie maszyny dopuszczalne, a trwałość narzędzia optymalnie długa. Ustalając wstępne parametry obróbki, zakłada się maksymalną grubość warstwy skrawanej, możliwą do zastosowania dla wybranego narzędzia. Wartość głębokości skrawania koryguje się ze względu na wymaganą moc dla prowadzenia obróbki, a możliwą do uzyskania na danej maszynie. Następnie ustala się optymalną prędkość skrawania dla materiałów obrabianego i obrabianego w procesie. Tę wielkość koryguje się pod względem możliwości maszyny, uchwytu i bezpieczeństwa pracy podczas prowadzenia obróbki. Na końcu przyjmuje się wstępnie prędkość posuwu tak, by proces skrawania przebie-

gał poprawnie i z dużą wydajnością. Po wstępnym określeniu parametrów obróbki sprawdza się konieczną moc, potrzebną w procesie i w razie przekroczenia koryguje parametry. Podczas wykonywania pierwszych sztuk elementów dokonuje się korekt parametrów, najczęściej prędkości i posuwu, dla osiągnięcia optymalnych warunków pracy. Przy ustalaniu czasu pracy narzędzia przyjmuje się standardowo 15 minut trwałości pracy ostrza w materiale, jest to wartość zalecana przez większość producentów narzędzi i jest związana z produktywnością procesu skrawania. Wartość ta wzrasta wraz ze spadkiem twardości materiałów obrabianych, zmniejszeniem prędkości skrawania oraz posuwu maleje, gdy te wartości wzrastają. Na trwałość narzędzia nie ma natomiast wielkiego wpływu głębokość skrawania i dlatego ta wartość jest zawsze dobierana jako maksymalna możliwa w danej obróbce.

Literatura

- [1] Materiały firmy Sandvik.
- [2] Materiały firmy Mazak.

Streszczenie

Omówiono nową metodę wzrostu wydajności produkcji w procesie skrawania elementów stalowych. Przedstawiono systemy narzędzi dla precyzyjnego skrawania. Dane umieszczone w artykule dotyczą wykazu mocy dla różnych typów skrawania, w tym także dla precyzyjnego skrawania.

Abstract

Text presents new method of increase of production capacity at processing of element of steel construction method machining cut. It presents tool systems and new constructions pinpoint cut. Data be placed in text about conscription of force for different types also pinpoint cut.