

Nowoczesne technologie – program doskonalenia zawodowego nauczycieli zawodu w przedsiębiorstwach branży metalowej

Projekt realizowany w latach 2010/2012 przez:

Centrum Promocji Innowacji i Rozwoju

W ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki
Priorytet III. Wysoka jakość systemu oświaty,
Działanie 3.4. Otwartość systemu edukacji w kontekście uczenia się przez całe życie
Poddziałanie 3.4.3 Upowszechnienie uczenia się przez całe życie

Treści programowe opracowane przez zespół w składzie:

1. Witold Horodeński
2. Artur Jewdosiuk
3. Małgorzata Kiebała
4. Andrzej Werner
5. Jan Zadykowicz

Białystok, 2012 r.

Spis treści

WSTĘP	7
I. ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNE KURSU.....	9
1. UWAGI WSTĘPNE	9
2. CELE OGÓLNE KURSU	9
3. ORGANIZACJA KURSU	10
4. UWAGI DOTYCZĄCE REALIZACJI PROGRAMU	10
5. ZASADY REKRUTACJI	10
6. KADRA PROWADZĄCA	10
7. WARUNKI UKOŃCZENIA KURSU	10
8. DOKUMENTACJA KURSU	10
9. EWALUACJA	11
II. ZAŁOŻENIA PROGRAMOWE KURSU.....	11
1. PLAN KURSU	11
A. CZĘŚĆ TEORETYCZNA	13
A.1. PODSTAWY TWORZENIA DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ	13
A.2. UCHWYTY OBRÓBKOWE	14
A.3. OBRABIARKI CNC	14
A.4. NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE	15
B. CZĘŚĆ ĆWICZENIOWO WARSZTATOWA – 40 GODZ.....	16
B.1. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA OBRABIARKI CNC.....	17
B.2. PODSTAWY OBSŁUGI STEROWANIA CNC	18
B.3. NARZĘDZIA TOKARSKIE I FREZARSKIE	18
B.4. METODY USTAWIENIA PUNKTU ZEROWEGO PRZEDMIOTU OBRABIANEGO.....	19
B.5. PROGRAMOWANIE OBRÓBKI KONTURÓW	19
B.6. PROGRAMOWANIE OBRÓBKI Z WYKORZYSTANIEM CYKLI OBRÓBKOWYCH	19
B.7. URUCHOMIENIE ZADANIA OBRÓBKOWEGO NA FREZARSKIM CENTRUM OBRÓBKOWYM.....	20
B.8. URUCHOMIENIE ZADANIA OBRÓBKOWEGO NA TOKARCE STEROWANEJ NUMERYCZNIE.....	21
C. CZĘŚĆ PRAKTYCZNA – 80 GODZ.	22
C.1. OPRACOWANIE DOKUMENTACJI ZWIĄZANEJ Z REALIZACJĄ PROCESU TECHNOLOGICZNEGO.....	23
C.2. PRZYGOTOWANIE OBRABIARKI CNC DO PRACY.....	23
C.3. PODSTAWY OBSŁUGI OPERATORSKIEJ OBRABIARKI CNC	24
C.4. KONTROLA TECHNICZNA	24
SCENARIUSZ ZADAŃ DO REALIZACJI ZAJĘĆ PRAKTYCZNYCH 80 GODZ.	26
LITERATURA:.....	30
MATERIAŁY DYDAKTYCZNE.....	32
III. PODSTAWY TWORZENIA DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ	32
1. DOKUMENTACJA TECHNICZNA PRODUKTU, URZĄDZENIA	32
2. PODSTAWY RYSUNKU TECHNICZNEGO	33
2.1. RYSUNEK TECHNICZNY.....	33
2.2. METODY WYMIAROWANIA.....	34
2.3. BAZY WYMIAROWE	37
3. TOLEROWANIE	38
3.1. DEFINICJA TOLERANCJI	38
3.2. TOLERANCJA WYMIARU	39
4. CHROPOWATOŚĆ, FALISTOŚĆ POWIERZCHNI	42
4.1. DEFINICJA CHROPOWATOŚCI I FALISTOŚCI.....	42
4.2. PARAMETRY OPISUJĄCE CHROPOWATOŚĆ.....	43
4.3. OZNACZANIE CHROPOWATOŚCI NA RYSUNKU	45
5. PRZYKŁADY RYSUNKÓW WYKONAWCZYCH	46
6. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE	51
6.1. STOPY ŻELAZA.....	52
6.2. KLASYFIKACJA STALI – KRYTERIA WG PN–EN 10020;2003	53
6.3. ŻELIWA	56
6.4. METALE KOLOROWE I ICH STOPY.....	56
7. OBRÓBKIE CIEPLNE I CIEPLNO–CHEMICZNE	57
8. OBRÓBKIE POWIERZCHNIOWE	59

9. PROCES TECHNOLOGICZNY	60
9.1. STAŁE ELEMENTY PROCESU	60
9.2. PODSTAWOWE POJĘCIA	60
9.3. PROJEKTOWANIE PROCESU TECHNOLOGICZNEGO	62
9.4. DOKUMENTACJA TECHNOLOGICZNA.....	64
9.5. NORMOWANIE CZASU PRACY	67
10. NOWOCZESNE TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE TWORZENIE DOKUMENTACJI	69
10.1. PROJEKTOWANIE KOMPUTEROWE – PRZYKŁAD SOLID EDGE	69
10.2. TWORZENIE PROGRAMÓW NA CNC.....	70
11. KONTROLA JAKOŚCI	71
LITERATURA.....	75
ZAŁĄCZNIK NR 1	75
ZAŁĄCZNIK NR 2	77
ZAŁĄCZNIK NR 3	80

IV. UCHWYTY OBRÓBKOWE.....95

1. FUNKCJE UCHWYTÓW OBRÓBKOWYCH	95
2. RODZAJE UCHWYTÓW OBRÓBKOWYCH	96
3. SPOSOBY BAZOWANIA UCHWYTÓW OBRÓBKOWYCH NA OBRABIARCE	98
4. ELEMENTY MOCUJĄCE PRZEDMIOT W UCHWYCIE	99
5. ZASADY KONSTRUKCJI UCHWYTÓW OBRÓBKOWYCH	102
LITERATURA:.....	103

V. OBRABIARKI CNC.....103

1. RODZAJE OBRÓBKI SKRAWANIEM	103
2. OBRABIARKI SKRAWAJĄCE	105
3. OSIE I RUCHY W OBRABIARKACH STEROWANYCH NUMERYCZNIE	108
4. PUNKTY ZEROWE I REFERENCYJNE OBRABIAREK CNC	111
5. STEROWANIE NUMERYCZNE	112
5.1. INTERPOLATORY W NOWOCZESNYCH UKŁADACH CNC.....	113
5.2. KLASYFIKACJA UKŁADÓW STEROWANIA NUMERYCZNEGO	115
5.3. PRZYKŁADOWE UKŁADY STEROWANIA NUMERYCZNEGO	117
6. WYBRANE CECHY KONSTRUKCYJNE OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE	119
6.1. NAPĘDY GŁÓWNE	119
6.2. NAPĘDY POSUWÓW	120
6.3. SYSTEMY POMIARU PRZEMIESZCZENIA.....	121
6.4. URZĄDZENIA DO WYMIANY NARZĘDZI	123
6.5. SONDY POMIAROWE NA OBRABIARKACH CNC.....	124
7. SYSTEMY NARZĘDZIOWE CNC DO TOCZENIA I FREZOWANIA	128
7.1. UCHWYTY NARZĘDZI	129
7.1.1. UCHWYTY ZE STOŻKIEM NIESAMOHAMOWNYM (SK)	130
7.1.2. STOŻKOWE CHWYTY DRAŻONE (HSK)	131
7.2. UCHWYTY NARZĘDZIOWE	133
7.2.1. UCHWYTY ZACISKOWE.....	133
7.2.2. UCHWYTY ZACISKOWE HYDRAULICZNE (HD)	134
7.2.3. UCHWYTY TERMOSKURCZOWE WEDŁUG DIN 69871	135
7.2.4. UCHWYTY VDI.....	135
8. TENDENCJE ROZWOJOWE OBRÓBKI SKRAWANIEM	137
9. TENDENCJE ROZWOJOWE OBRABIAREK CNC	140
LITERATURA:.....	141

VI. NARZĘDZIA

1. PODSTAWOWE RODZAJE OBRÓBKI SKRAWANIEM	142
2. MATERIAŁY NARZĘDZIOWE	145
3. NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE	153
4. PARAMETRY SKRAWANIA	157
5. ZUŻYCIE NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH	164
6. NOWE TENDENCJE W ZAKRESIE OBRÓBKI SKRAWANIEM	170
LITERATURA.....	171

WSTĘP

Zachodzące w ostatnich latach w Polsce przemiany, zwłaszcza systemu gospodarczego i związana z tym restrukturyzacja i prywatyzacja przedsiębiorstw oraz utrzymujący się wysoki poziom bezrobocia, implikują inne spojrzenie na problem przygotowania absolwenta do czynnego udziału w życiu zawodowym. Jeżeli weźmiemy również pod uwagę coraz bardziej widoczną na światowym rynku pracy konkurencyjność, to wymóg ciągłego podnoszenia poziomu wiedzy i umiejętności zawodowych staje się czymś naturalnym, a wręcz stanowi „być albo nie być” dla utrzymania statusu pracownika. Pracodawcy coraz powszechniej oczekują, aby w nauczaniu kształtować niezbędne w realizacji zadań zawodowych kompetencje, tzn. żeby potencjalny kandydat do zatrudnienia mógł bezpośrednio wykonywać zadania zawodowe zgodnie ze standardami wymaganymi na danym stanowisku pracy, tj. z zachowaniem norm technologicznych, przepisów bezpieczeństwa, jakości, estetyki itp. Tymczasem, jak wskazuje praktyka, aktualne programy kształcenia zawodowego nie są na tyle elastyczne, aby nadążały za zmianami technologicznymi i organizacyjnymi środowiska pracy, a grupa zawodowa, jaką stanowią nauczyciele, w szczególny sposób odczuwa konieczność posiadania aktualnych kwalifikacji.

Jakość kształcenia zawodowego stanowi priorytet Ministerstwa Edukacji Narodowej. Przyjęta przez Sejm w sierpniu 2011 zmiana ustawy o systemie oświaty ma na celu modernizację kształcenia zawodowego i podniesienie jego jakości. Wprowadzane zmiany od 1 września 2012 wynikają z potrzeb polskiej gospodarki i rynku pracy, powiązanych z nimi strategiami rozwoju kraju i regionów oraz zobowiązań jako państwa członkowskiego Unii Europejskiej. Kształcenie zawodowe w nowej podstawie programowej ma na celu przygotowanie aktywnego, mobilnego absolwenta posiadającego umiejętności praktyczne dostosowane do oczekiwań pracodawców. Wymaga to modernizacji programów nauczania, metod nauczania, doskonalenia nauczycieli, wyposażenia pracowni.

Głównymi przesłankami doskonalenia zawodowego nauczycieli są nowe techniki i technologie, zmiany w organizacji pracy wynikające ze zmian technologicznych, wzrostu oczekiwań pracodawców w zakresie poziomu umiejętności pracowników. Od nauczyciela oczekuje się, aby doskonił swoje umiejętności w stosunku do nowych potrzeb rynku pracy. Priorytetowym działaniem w zakresie dobrego przygotowania nauczycieli a zarazem ich uczniów do wejścia na rynek pracy jest prowadzenie kształcenia zawodowego, a w szczególności kształcenia praktycznego w powiązaniu z pracodawcami. Ważne jest również to, że nauczyciele zapoznają się z rzeczywistym środowiskiem pracy przedsiębiorstwa jako niezwykle istotnego dla podnoszenia efektywności procesu kształcenia zawodowego. Nauczyciele są obligowani dostosowywać ofertę edukacyjną swojej szkoły do potrzeb zmieniającego się rynku pracy i dlatego istotne jest włączenie szkół prowadzących kształcenie zawodowe w system kursów kwalifikacyjnych i doskonalących zgodnie z potrzebami pracodawców.

Centrum Promocji Innowacji i Rozwoju w oparciu o swoje doświadczenia we współpracy z firmami branży metalowej dostrzegło konieczność skierowania działań bezpośrednio do placówek kształcenia zawodowego w województwie podlaskim w zakresie przygotowania nauczycieli przedmiotów zawodowych oraz nauczycieli praktycznej nauki zawodu obejmujące przybliżenie innowacyjnych rozwiązań i procesów technologicznych stosowanych we wiodących firmach regionu.

Realizowany projekt „Nowoczesne technologie – program doskonalenia zawodowego nauczycieli zawodu w przedsiębiorstwach branży metalowej” zakłada przygotowanie kadry nauczycielskiej szkolnictwa zawodowego do pracy z wykorzystaniem technologii programowania obróbki oraz obsługi obrabiarek CNC i urządzeń stosowanych w nowoczesnych przedsiębiorstwach.

Do opracowania niniejszego programu zostali zaproszeni: przedsiębiorcy, nauczyciele akademicy, nauczyciele zawodu i przedstawiciele Centrum Promocji Innowacji i Rozwoju. Tak dobrany zespół programowy zapewnił wieloaspektowość spojrzenia na konstrukcję programu i dobór jego treści.

Publikacja programu doskonalenia zawodowego nauczycieli przedmiotów zawodowych powinna stać się zachętą do rozwinięcia współpracy szkolnictwa zawodowego z przedsiębiorstwami, dając tym samym możliwość rzetelnego przygotowania absolwentów szkół zawodowych zgodnie z oczekiwaniami pracodawców i potrzebami rynku pracy.

Przygotowanie zmian w programach kształcenia zawodowego jest niezbędnym warunkiem kreatywnego i innowacyjnego podejścia do edukacji zawodowej, dlatego realizatorzy mają nadzieję, iż niniejsza publikacja wywoła refleksję i będzie inspiracją do podejmowania nowych aktywności osób i instytucji zaangażowanych w modernizację systemu edukacji.

Autorzy publikacji

I. ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNE KURSU

1. Uwagi wstępne

Postęp technologiczny widoczny we wszystkich dziedzinach życia niesie za sobą konieczność aktualizacji kwalifikacji zawodowych kadr. Grupa zawodowa, jaką stanowią nauczyciele w szczególności, odczuwa konieczność posiadania aktualnej wiedzy i umiejętności adekwatnych do poziomu rozwoju technologicznego firm i wymagań współczesnego rynku pracy. Od ich kwalifikacji zależy przygotowanie zawodowe przyszłych kadr nowoczesnej gospodarki, a co za tym idzie jakość i potencjał kapitału ludzkiego. Proces dydaktyczny wymaga kształcenia na wysokim poziomie. Najważniejszym zadaniem szkoły jest przygotowanie uczniów do wykonywania zawodu w warunkach nowoczesnej i innowacyjnej technologii. Okres ostatnich kilku lat to ogromny skok technologiczny firm, które odeszły od tradycyjnych sposobów produkcji na rzecz automatyzacji i robotyzacji. Miliony złotych zainwestowanych w park maszynowy, transfer innowacyjnych technologii spowodował ogromną lukę technologiczną pomiędzy szkolnictwem zawodowym a sektorem produkcyjno – usługowym. Nauczyciele pomimo dużych ambicji w swoich placówkach edukacyjnych nie mają szans na praktyczną styczność z najnowocześniejszymi rozwiązaniami, a sama lektura prasy fachowej może stanowić jedynie namiastkę potrzebnego zakresu wiedzy.

2. Cele ogólne kursu

Kurs dotyczący stosowania nowoczesnych technologii w procesie kształcenia zawodowego winien umożliwić realizację następujących celów:

- zwiększenie poziomu wiedzy i umiejętności nauczycieli przedmiotów zawodowych i instruktorów praktycznej nauki zawodu w zakresie nowoczesnych technologii stosowanych w przedsiębiorstwach branży metalowej,
- nabycie umiejętności obsługi obrabiarek CNC i sprzętu stosowanego,
- w branży metalowej,
- zapoznanie nauczycieli z warunkami i specyfiką pracy firm branży metalowej,
- podniesienie jakości nauczania w szkolnictwie zawodowym w zakresie obsługi nowoczesnego sprzętu i urządzeń,
- wypracowanie dobrych praktyk w zakresie doskonalenia nauczycieli szkolnictwa zawodowego w odniesieniu do realiów nowoczesnej gospodarki.

Po ukończeniu kursu nauczyciel powinien posiadać umiejętności w zakresie:

- opracowania dokumentacji procesu technologicznego,
- przygotowania obrabiarki CNC do pracy,
- obsługi obrabiarek CNC i sprzętu stosowanego w branży metalowej,
- realizacji kontroli technicznej.

3. Organizacja kursu

Przyjmuje się następujące warunki organizacyjne kursu:

- Zajęcia teoretyczne w wymiarze 30 h – prowadzone przez wykładowców akademickich uczelni o profilu technicznym, kadre inżynierską zatrudnioną w firmach;
- Zajęcia ćwiczeniowo – warsztatowe w wymiarze 40 h – prowadzone przez wykładowców akademickich uczelni o profilu technicznym, kadre inżynierską zatrudnioną w firmach;
- Zajęcia praktyczne – staże będą prowadzone pod opieką mistrzów w przedsiębiorstwach branży metalowej;
- Każdy z uczestników programu odbędzie staż w wybranym przedsiębiorstwie.

4. Uwagi dotyczące realizacji programu

Program doskonalenia zawodowego nauczycieli opracowany został pod kierunkiem zespołu ekspertów: doradców metodycznych, nauczycieli zawodu, wykładowców wyższych uczelni o profilu technicznym, przedstawicieli firm branży metalowej. Program zawiera tematykę i zakres doskonalenia zawodowego dostosowany do aktualnych potrzeb w zakresie kształcenia zawodowego. Główny nacisk położono na część praktyczną kursu. Uczestnicy szkolenia otrzymają program szczegółowy kursu, materiały pomocnicze w formie publikacji zwartej. Publikacja finalnej wersji programu będzie udostępniona po korektach na zakończenie kursu w miesiącu maju 2012 r.

5. Zasady rekrutacji

Uczestnikami projektu mogą być nauczyciele przedmiotów zawodowych oraz instruktorzy praktycznej nauki zawodu z branży mechanicznej, mechatronicznej, metalowej, którzy posiadają zameldowanie stałe lub czasowe na terenie województwa podlaskiego, dostarczą zaświadczenie o zatrudnieniu w szkole zawodowej oraz podpiszą formularz zgłoszenia udziału.

6. Kadra prowadząca

Organizator kursu zobowiązany jest zapewnić wysoką jakość zajęć poprzez zapewnienie profesjonalnej kadry. Zajęcia prowadzić powinni doświadczeni nauczyciele akademicy oraz praktycy – specjaliści z udokumentowanymi kwalifikacjami, posiadający długi staż pracy zawodowej w przedsiębiorstwach branży mechanicznej, mechatronicznej, metalowej.

7. Warunki ukończenia kursu

Warunkiem ukończenia kursu jest uczestnictwo w 80% realizowanych zajęć. Zaplanowane programem kursu zadania powinny być w całości zrealizowane. Kurs zostanie zaliczony na podstawie wykonania czynności zaplanowanych w części praktycznej.

8. Dokumentacja kursu

- wykaz i opis kwalifikacji kadry prowadzącej zajęcia,
- opis procedury rekrutacji,
- szczegółowy program kursu,
- harmonogram zajęć,
- procedury i narzędzia do ewaluacji,
- dziennik zajęć,
- dziennik praktyki,
- rejestr wydanych zaświadczeń.

9. Ewaluacja

Kurs podlega ewaluacji wewnętrznej. O formie i zakresie ewaluacji kursu decyduje placówka organizująca kurs.

Narzędzia ewaluacyjne powinny weryfikować:

- organizację kursu,
- treści nauczania,
- metodykę zajęć,
- przygotowanie praktyczne, merytoryczne i metodyczne prowadzących zajęcia,
- jakość materiałów pomocniczych,
- warunki techniczne prowadzenia kursu,
- stopień spełnienia oczekiwań uczestników kursu.

Udokumentowaniem procesu ewaluacji jest raport. Zespół realizujący kurs uwzględni wnioski i zalecenia wynikające z ewaluacji.

II. ZAŁOŻENIA PROGRAMOWE KURSU

1. Plan kursu

Nowoczesne technologie – program doskonalenia zawodowego nauczycieli zawodu w przedsiębiorstwach branży metalowej.

CZĘŚĆ TEORETYCZNA – 30 godz.

	Nazwa modułu	Ilość godzin
1	<p>PODSTAWY TWORZENIA DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ</p> <p>Dokumentacja konstrukcyjna</p> <ul style="list-style-type: none"> • podstawy rysunku technicznego(normy, wymiarowanie, rodzaje wymiarów), • tolerancja: wymiarów, kształtu i położenia, • tolerowanie warsztatowe – zasady, • chropowatość powierzchni, • informacje dodatkowe – oznaczenia obróbki cieplnej i powłok. <p>Materiały konstrukcyjne</p> <ul style="list-style-type: none"> • stopy żelaza, • stopy aluminium, • stopy miedzi, • tworzywa sztuczne, kompozyty. <p>Dokumentacja technologiczna</p> <ul style="list-style-type: none"> • planowanie procesu technologicznego obróbki – zasady organizacji, • elementy procesu technologicznego, • normowanie czasu pracy, • normowanie zużycia materiałów. <p>Nowoczesne techniki wspomagające tworzenie dokumentacji</p> <p>Kontrola jakości wykonania</p> <ul style="list-style-type: none"> • rodzaje kontroli i jej zakres – podstawowe procedury oraz dokumentacja, • nowoczesne techniki pomiarowe. 	10
2	<p>UCHWYTY OBRÓBKOWE</p> <ul style="list-style-type: none"> • odbieranie stopni swobody, bazowanie, ustalanie, mocowanie, • wpływ sposobu mocowania na dokładność i bezpieczeństwo obróbki, • rodzaje nowoczesnych uchwytów do mocowania przedmiotów – przedmiot stały, przedmiot obracający się, • rodzaje uchwytów do mocowania narzędzi – narzędzie stałe, narzędzie obrotowe, • zasady konstruowania uchwytów obróbkowych. 	6
3	<p>OBRABIARKI CNC</p> <ul style="list-style-type: none"> • rodzaje obrabiarek, • charakterystyka geometryczna i kinematyczna obrabiarek, • sterowanie numeryczne – zasady działania, budowa oraz rodzaje układów, • wyposażenie obrabiarek cyfrowych, • rodzaje uchwytów do mocowania narzędzi – narzędzia stałe, narzędzia obrotowe, • trendy w rozwoju technik obróbkowych oraz obrabiarek. 	6
4	<p>NARZĘDZIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • podstawowe rodzaje obróbki skrawaniem, • podział narzędzi w zależności od rodzaju obróbek oraz konstrukcji, • materiały narzędziowe oraz powłoki stosowane na ostrza narzędzi skrawających, • geometria ostrza narzędzi, • zasady doboru narzędzi skrawających <p>– w zależności od rodzaju obróbek,</p> <p>– w zależności od obrabianego materiału,</p> <p>– w zależności od dokładności i wydajności obróbki,</p> <ul style="list-style-type: none"> • parametry skrawania, • ekonomiczna żywotność narzędzi, identyfikacja przyczyn zużywania się ostrzy, • obróbki wysokowydajne HSC, HSM. 	8

A. CZĘŚĆ TEORETYCZNA**A.1. Podstawy tworzenia dokumentacji technicznej****Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- zapoznać się istotnymi zmianami w zakresie wymiarowania, tolerowania wymiarów, tolerancji kształtu i położenia, oznaczania chropowatości i falistości powierzchni oraz obróbki cieplnej i powłok według norm europejskich,
- zapoznać się z zasadami oznaczania materiałów konstrukcyjnych według norm PN– EN–ISO,
- poznać zasady tworzenia dokumentacji technologicznej,
- poznać nowoczesne techniki pomiarowe.

Materiał kształcenia:**Dokumentacja konstrukcyjna:**

- podstawy rysunku technicznego: normy, wymiarowanie, rodzaje wymiarów,
- tolerancja: wymiarów, kształtu i położenia,
- tolerowanie warsztatowe – zasady,
- chropowatość powierzchni,
- informacje dodatkowe – oznaczenia obróbki cieplnej i powłok.

Materiały konstrukcyjne:

- stopy żelaza,
- stopy aluminium,
- stopy miedzi,
- tworzywa sztuczne, kompozyty.

Dokumentacja technologiczna:

- planowanie procesu technologicznego obróbki – zasady organizacji,
- elementy procesu technologicznego,
- normowanie czasu pracy,
- normowanie zużycia materiałów.

Nowoczesne techniki wspomagające tworzenie dokumentacji:**Kontrola jakości wykonania:**

- rodzaje kontroli i jej zakres – podstawowe procedury oraz dokumentacja,
- nowoczesne techniki pomiarowe.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- czytać rysunki techniczne z uwzględnieniem norm PN–EN ISO,
- określać na rysunku symbole materiałów konstrukcyjnych według norm europejskich międzynarodowych,
- posługiwać się dokumentacją technologiczną,
- scharakteryzować oprogramowanie stosowane w tworzeniu dokumentacji technicznej,
- scharakteryzować nowoczesne techniki pomiarowe.

A.2. Uchwyty obróbkowe**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać nowoczesne uchwyty do mocowania przedmiotów,
- zapoznać się z zasadami konstruowania uchwytów obróbkowych.

Materiał kształcenia:

- odbieranie stopni swobody, bazowanie, ustalanie, mocowanie,
- wpływ sposobu mocowania na dokładność i bezpieczeństwo obróbki – zasady doboru,
- rodzaje nowoczesnych uchwytów do mocowania przedmiotów:
 - przedmiot stały, przedmiot obracający się,
- zasady konstruowania uchwytów obróbkowych.

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- scharakteryzować nowoczesne uchwyty do mocowania przedmiotów,
- określać wpływ sposobu mocowania na dokładność i bezpieczeństwo obróbki,
- wyjaśnić podstawowe zasady konstruowania uchwytów obróbkowych.

A.3. Obrabiarki CNC**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać budowę oraz wyposażenie obrabiarki CNC,
- poznać budowę, zasadę działania układów sterowania numerycznego,
- poznać nowe tendencje rozwojowe w obróbce skrawaniem.

Materiał kształcenia:

- rodzaje obrabiarek,

- charakterystyka geometryczna i kinematyczna obrabiarek,
- sterowanie numeryczne – zasady działania, budowa oraz rodzaje układów,
- wyposażenie obrabiarek cyfrowych,
- rodzaje uchwytów do mocowania narzędzi– narzędzia stałe, narzędzia obrotowe,
- trendy w rozwoju technik obróbkowych oraz obrabiarek.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- scharakteryzować podstawowe grupy obrabiarek CNC,
- opisać i wskazać najważniejsze zespoły wykonawcze obrabiarki CNC,
- opisać podstawowe rodzaje obróbki skrawaniem stosowane na obrabiarkach CNC,
- wyjaśnić zasadę działania układów sterowania numerycznego,
- opisać budowę układów sterowania numerycznego,
- scharakteryzować rodzaje układów sterowania,
- wskazać układ współrzędnych i punkty charakterystyczne obrabiarki sterowanej numerycznie,
- scharakteryzować uchwyty do mocowania narzędzi na obrabiarkach CNC,
- scharakteryzować nowe tendencje w rozwoju technik obróbkowych.

A.4. Narzędzia skrawające**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać rozwiązania konstrukcyjne narzędzi skrawających, materiały narzędziowe oraz powłoki stosowane na ostrza,
- poznać zasady doboru narzędzi skrawających,
- poznać obróbki wysokowydajne.

Materiał kształcenia:

- podstawowe rodzaje obróbki skrawaniem.
- podział narzędzi w zależności od rodzaju obróbek oraz konstrukcji.
- materiały narzędziowe oraz powłoki stosowane na ostrza narzędzi skrawających.
- geometria ostrza narzędzi.
- zasady doboru narzędzi skrawających:
 - w zależności od rodzaju obróbek,
 - w zależności od obrabianego materiału,
 - w zależności od dokładności i wydajności obróbki,
- parametry skrawania,
- ekonomiczna żywotność narzędzi, identyfikacja przyczyn zużywania się ostrzy,

- obróbki wysokowydajne HSC, HSM.

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- wymienić materiały narzędziowe oraz powłoki stosowane na ostrza narzędzi skrawających,
- scharakteryzować konstrukcje współczesnych narzędzi skrawających,
- dobierać narzędzia skrawające w zależności od rodzaju obróbek, obrabianego materiału, dokładności i wydajności obróbki,
- scharakteryzować parametry skrawania, określać ich wartość,
- wskazać przyczyny i skutki zużywania się narzędzi,
- charakteryzować obróbki wysokowydajne HSC, HSM.

B. CZĘŚĆ ĆWICZENIOWO WARSZTATOWA – 40 godz.

L.p	Program zajęć	Liczba godzin
1	Budowa i zasada działania obrabiarki CNC. Osie i ruchy w obrabiarkach sterowanych numerycznie. Podstawowe zespoły wykonawcze obrabiarki CNC (tokarka, frezarka): <ul style="list-style-type: none"> • napędy główne, • napędy posuwów, • urządzenia do wymiany narzędzi, • układy pomiarowe przemieszczenia i położenia. 	2
2	Podstawy obsługi sterowania CNC: <ul style="list-style-type: none"> • obsługa pulpitu sterowania numerycznego (rozkład przycisków, wygląd ekranu), • tryby pracy obrabiarki sterowanej numerycznie, • zarządzanie danymi (zakładanie i edycja programów sterujących, podłączanie zewnętrznych źródeł informacji, tablice narzędziowe, tablice punktów zerowych). 	6
3	Narzędzia tokarskie i frezarskie: <ul style="list-style-type: none"> • elementy składowe zespołu narzędziowego, • identyfikacja i montaż elementów narzędzia składanego, • montaż narzędzi na obrabiarkach sterowanych numerycznie, • wielkości korekcyjne narzędzia, • pomiar narzędzi na obrabiarkach sterowanych numerycznie (ręcznie z lub wykorzystaniem sondy narzędziowej), • edycja tablicy korekcyjnej narzędzi. 	4
4	Metody ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego. Wykorzystanie sond przedmiotowych na obrabiarkach sterowanych numerycznie.	4
5	Programowanie obróbki konturów z wykorzystaniem funkcji interpolacji i korekcji narzędzia (struktura programu sterującego, funkcje sterujące).	4
6	Programowanie obróbki z wykorzystaniem cykli obróbkowych.	4

7	Uruchomienie zadania obróbkowego na frezarskim centrum obróbkowym: <ul style="list-style-type: none"> • utworzenie programu sterującego na podstawie rysunku przedmiotu, • uzbrojenie obrabiarki w narzędzia i uchwyty obróbkowe, • pomiar narzędzi obróbkowych, • ustawienie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy), • wprowadzenie programu sterującego do pamięci sterownika CNC, • testowanie poprawności ustawienia obrabiarki i programu sterującego, • wykonanie obróbki przedmiotu na obrabiarkach, • pomiary kontrolne przedmiotu obrabianego, • korekta danych sterujących na podstawie wyników pomiarów. 	8
8	Uruchomienie zadania obróbkowego na tokarce sterowanej numerycznie: <ul style="list-style-type: none"> • utworzenie programu sterującego na podstawie rysunku przedmiotu, • uzbrojenie obrabiarki w narzędzia, • pomiar narzędzi obróbkowych, • ustawienie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy), • wprowadzenie programu sterującego do pamięci sterownika CNC, • testowanie poprawności ustawienia obrabiarki i programu sterującego, • wykonanie obróbki przedmiotu na obrabiarkach, • pomiary kontrolne przedmiotu obrabianego, • korekta danych sterujących na podstawie wyników pomiarów. 	8

B.1. Budowa i zasada działania obrabiarki CNC

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać budowę i zasadę działania obrabiarki CNC.

Materiał kształcenia:

- osie i ruchy w obrabiarkach sterowanych numerycznie,
- podstawowe zespoły wykonawcze obrabiarki CNC (tokarka, frezarka):

- napędy główne,
- napędy posuwów,
- urządzenia do wymiany narzędzi,
- układy pomiarowe przemieszczenia i położenia.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- wskazać osie współrzędnych obrabiarki sterowanej numerycznie,
- opisać kierunki ruchów zespołów roboczych tokarki, frezarki,
- wskazać najważniejsze zespoły wykonawcze obrabiarki sterowanej numerycznie.

B.2. Podstawy obsługi sterowania CNC

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać podstawy obsługi sterowania CNC.

Materiał kształcenia:

- obsługa pulpitu sterowania numerycznego (rozkład przycisków, wygląd ekranu),
- tryby pracy obrabiarki sterowanej numerycznie,
- zarządzanie danymi (zakładanie i edycja programów sterujących, podłączanie zewnętrznych źródeł informacji, tablice narzędziowe, tablice punktów zerowych).

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- posługiwać się pulpitem sterowania numerycznego,
- zarządzać danymi.

B.3. Narzędzia tokarskie i frezarskie

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać narzędzia tokarskie i frezarskie stosowane na obrabiarkach CNC.

Materiał kształcenia:

- elementy składowe zespołu narzędziowego,
- identyfikacja i montaż elementów narzędzia składanego,
- montaż narzędzi na obrabiarkach sterowanych numerycznie,
- wielkości korekcyjne narzędzia,
- pomiar narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie (ręcznie z lub wykorzystaniem sondy narzędziowej),
- edycja tablicy korekcyjnej narzędzi.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- wymienić elementy składowe zespołu narzędziowego,
- dokonać identyfikacji narzędzia składanego,
- dokonać montażu narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie,
- ustalić wymiary korekcyjne narzędzi,
- dokonać pomiaru narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie.

B.4. Metody ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać metody ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego na obrabiarce sterowanej numerycznie.

Materiał kształcenia:

- metody ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego,
- wykorzystanie sond przedmiotowych na obrabiarce sterowanej numerycznie.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- ustawić punkt zerowy obrabianego przedmiotu,
- zastosować metody ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego,
- zastosować sondy do pomiaru przedmiotu obrabianego.

B.5. Programowanie obróbki konturów

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady programowania obróbki konturów z wykorzystaniem interpolacji liniowej i kołowej.

Materiał kształcenia:

- funkcje interpolacji i korekcji narzędzi,
- struktura programu sterującego,
- funkcje sterujące.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- stworzyć strukturę programu sterującego,
- zastosować interpolację liniową,
- zastosować interpolację kołową,
- uwzględnić korekcję narzędzi do obróbki CNC,
- zastosować funkcje sterujące.

B.6. Programowanie obróbki z wykorzystaniem cykli obróbkowych

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady programowania obróbki z wykorzystaniem cykli obróbkowych.

Materiał kształcenia:

- cykl wiercenia,
- cykl pogłębiania,
- cykl rozwiercania,
- cykl gwintowania.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- zastosować cykl wiercenia,
- zastosować cykl pogłębiania,
- zastosować cykl rozwiercania,
- zastosować cykl gwintowania.

B.7. Uruchomienie zadania obróbkowego na frezarskim centrum obróbkowym

Cele:**Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać zasady programowania i wykonania obróbki na frezarskim centrum obróbkowym.

Materiał kształcenia:

- utworzenie programu sterującego na podstawie rysunku przedmiotu,
- uzbrojenie obrabiarki w narzędzia i uchwyty obróbkowe,
- pomiar narzędzi obróbkowych,
- ustawienie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy),
- wprowadzenie programu sterującego do pamięci sterownika CNC,
- testowanie poprawności ustawienia obrabiarki i programu sterującego,
- wykonanie obróbki przedmiotu na obrabiarce,
- pomiary kontrolne przedmiotu obrabianego,
- korekta danych sterujących na podstawie wyników pomiarów.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- napisać program sterujący na podstawie rysunku przedmiotu,
- uzbroić obrabiarkę w narzędzia i uchwyty,
- dokonać pomiaru narzędzi obróbkowych,
- ustawić punkt zerowy przedmiotu obrabianego,
- wprowadzić program sterujący do pamięci sterownika CNC,

- dokonać symulacji obróbki,
- wykonać obróbkę przedmiotu frezowaniem,
- dokonać pomiarów kontrolnych przedmiotu obrabianego.

B.8. Uruchomienie zadania obróbkowego na tokarce sterowanej numerycznie

Cele:**Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać zasady programowania i wykonania obróbki toczeniem na tokarce sterowanej numerycznie.

Materiał kształcenia:

- utworzenie programu sterującego na podstawie rysunku przedmiotu,
- uzbrojenie obrabiarki w narzędzia,
- pomiar narzędzi obróbkowych,
- ustawienie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy),
- wprowadzenie programu sterującego do pamięci sterownika CNC,
- testowanie poprawności ustawienia obrabiarki i programu sterującego,
- wykonanie obróbki przedmiotu na obrabiarce,
- pomiary kontrolne przedmiotu obrabianego,
- korekta danych sterujących na podstawie wyników pomiarów.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- napisać program sterujący na podstawie rysunku przedmiotu,
- uzbroić obrabiarkę w narzędzia,
- dokonać pomiaru narzędzi obróbkowych,
- ustawić punkt zerowy przedmiotu obrabianego,
- wprowadzić program sterujący do pamięci sterownika CNC,
- dokonać symulacji obróbki,
- wykonać obróbkę przedmiotu toczeniem,
- dokonać pomiarów kontrolnych przedmiotu obrabianego.

C. CZĘŚĆ PRAKTYCZNA – 80 godz.

Lp.	Nazwa modułu	Liczba godzin
1	Opracowanie dokumentacji związanej z realizacją procesu technologicznego: <ul style="list-style-type: none"> analiza rysunków wykonawczych, plan operacji: określenie sposobu i kolejności następujących po sobie operacji technologicznych, karty technologiczne: dobór maszyn, narzędzi, parametrów, narzędzi pomiarowych, wskazanie sposobu bazowania i mocowania, dokumentacja konstrukcyjna niezbędnego oprzyrządowania, dyspozycja materiałowa: gatunek i postać materiału wyjściowego. 	16/2 dni
2	Przygotowanie obrabiarki CNC do pracy: <ul style="list-style-type: none"> przepisy BHP przy obsłudze obrabiarek CNC, montaż i mocowanie narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie, przygotowanie i montaż uchwytów obróbkowych, określenie wymiarów korekcyjnych narzędzi, wprowadzenie danych do układu sterowania numerycznego: programy sterujące, dane narzędziowe, ustawianie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy obróbkowej), testowanie programu sterującego. 	48/6 dni
3	Podstawy obsługi operatorskiej obrabiarki CNC: <ul style="list-style-type: none"> bieżąca kontrola techniczna, korekty programu sterującego obrabiarką, wymiana zużytych narzędzi, zapewnienie zaopatrzenia obrabiarki CNC w odpowiednie media (prąd elektryczny, sprężone powietrze itp.). 	8/1 dzień
4	Kontrola techniczna: <ul style="list-style-type: none"> dobór i wykorzystanie właściwego sprzętu pomiarowego, realizacja kontroli technicznej wyrobu, tworzenie dokumentacji kontrolnej. 	8/1 dzień
5	Razem	80 godzi/10dni

C.1. Opracowanie dokumentacji związanej z realizacją procesu technologicznego**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- nabyć umiejętności związane z opracowaniem procesów technologicznych.

Materiał kształcenia:

- analiza rysunków wykonawczych,
- plan operacji: określenie sposobu i kolejności następujących po sobie operacji technologicznych,
- karty technologiczne: dobór maszyn, narzędzi, parametrów, narzędzi pomiarowych,
- wskazanie sposobu bazowania i mocowania,
- dokumentacja konstrukcyjna niezbędnego oprzyrządowania,
- dyspozycja materiałowa: gatunek i postać materiału wyjściowego.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- odczytywać informacje zapisane na rysunku wykonawczym,
- określać sposób i kolejność następujących po sobie operacji technologicznych,
- dobierać gatunek i postać materiału wyjściowego,
- sporządzać karty technologiczne, m.in. dobierać maszyny, narzędzia skrawające, narzędzia pomiarowe, parametry skrawania,
- ustalać sposoby bazowania i mocowania.

C.2. Przygotowanie obrabiarki CNC do pracy**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać zasady i sposób przygotowania obrabiarki CNC do pracy.

Materiał kształcenia:

- montaż i mocowanie narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie,
- przygotowanie i montaż uchwytów obróbkowych,
- określenie wymiarów korekcyjnych narzędzi,
- wprowadzenie danych do układu sterowania numerycznego: programy sterujące, dane narzędziowe,
- ustawianie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy obróbkowej),
- testowanie programu sterującego.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- dokonać montażu i mocowania narzędzi na obrabiarce CNC,
- ustalić i zamocować uchwyt obróbkowy w przestrzeni roboczej obrabiarki CNC,
- ustalić wymiary korekcyjne narzędzi,
- wprowadzić dane do układu sterowania numerycznego,
- ustawić punkt zerowy obrabianego przedmiotu,
- dokonać kontroli poprawności przygotowania obrabiarki CNC do pracy.

C.3. Podstawy obsługi operatorskiej obrabiarki CNC**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien**

- poznać podstawy obsługi operatorskiej obrabiarki.

Materiał kształcenia:

- bieżąca kontrola techniczna,
- korekty programu sterującego obrabiarką,
- wymiana zużytych narzędzi,
- zapewnienie zaopatrzenia obrabiarki CNC w odpowiednie media (prąd elektryczny, sprężone powietrze itp.).

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- dokonywać bieżącej kontroli przedmiotów obrabianych,
- dokonywać bieżących korekt programu sterującego obrabiarką CNC,
- wymieniać zużyte narzędzia,
- przeprowadzić czynności przygotowawczo–zakończeniowe.

C.4. Kontrola techniczna**Cele:****Każdy słuchacz kursu powinien:**

- poznać zasady realizacji kontroli technicznej wyrobu.

Materiał kształcenia:

- dobór i wykorzystanie właściwego sprzętu pomiarowego,
- realizacja kontroli technicznej wyrobu,

- tworzenie dokumentacji kontrolnej.

Osiągnięcia:**W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:**

- dobrać właściwy sprzęt pomiarowy,
- stosować sprzęt pomiarowy,
- przeprowadzić kontrolę wymiarów wyrobu,
- sporządzić dokumentację kontrolną.

SCENARIUSZ ZADAŃ DO REALIZACJI ZAJĘĆ PRAKTYCZNYCH 80 GODZ.

C1. Opracowanie dokumentacji związanej z realizacją procesu technologicznego – 16 godz.

Lp.	Zadania opiekuna	Umiejętności słuchacza
1.	Analiza rysunków wykonawczych – 4 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> szkolenie w zakresie BHP, przedstawienie organizacji firmy w zakresie technicznego przygotowania produkcji, zapoznanie z posiadanym parkiem maszynowym, możliwościami obróbczymi i kooperacyjnymi, przedstawienie przykładowej dokumentacji technologicznej, przedstawienie dostępnego w firmie oprogramowania z zakresu CAD–CAM, zapoznanie się ze sposobem tworzenia dokumentacji technologicznej w Firmie, jej formami, wymogami formalnymi, metodami identyfikacji archiwizowaniem, zapoznanie się z wybraną <ul style="list-style-type: none"> - dokumentacją konstrukcyjną, - analiza materiałowa, - analiza wymiarowa, - wyspecyfikowanie, obróbek specjalnych. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> czytać rysunki techniczne z uwzględnieniem norm PN–EN ISO, określać na rysunku symbole materiałów konstrukcyjnych według norm europejskich i międzynarodowych, posługiwać się dokumentacją technologiczną, scharakteryzować oprogramowanie stosowane w tworzeniu dokumentacji technicznej.
2.	Plan operacji: określenie sposobu i kolejności następujących po sobie operacji technologicznych. Dyspozycja materiałowa: gatunek i postać materiału wyjściowego – 4 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> opracowanie planu operacji (wskazane jest wielowariantowe w zależności od wielkości partii użytego materiału wyjściowego odkuwka, ciętka bądź przyjętych baz obróbkowych), określanie gatunku i postaci materiału wyjściowego. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> odczytywać informacje zapisane na rysunku wykonawczym, określać sposób i kolejność następujących po sobie operacji technologicznych, dobierać gatunek i postać materiału wyjściowego.

3.	Karty technologiczne: dobór maszyn, narzędzi, parametrów, narzędzi pomiarowych. Wskazanie sposobu bazowania i mocowania – 6 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> opracowanie kart instrukcyjnych dla wybranego planu operacji, wskazanie sposobu bazowania i mocowania, dobór obrabiarki, narzędzi, dobór parametrów skrawania, określenie istotnych wymiarów kontrolnych, wykonanie niezbędnych szkiców i zapisów. <p>Zalecane jest opracowanie kart instrukcyjnych dla części, jaka będzie obrabiana podczas dalszej praktyki na wydziale produkcyjnym.</p>	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> sporządzać karty instrukcyjne, m.in. dobierać maszyny, narzędzia skrawające, narzędzia pomiarowe, ustalać parametry skrawania, ustalać sposoby bazowania i mocowania, korzystać z oprogramowania do opracowania dokumentacji technologicznej.
4.	Dokumentacja konstrukcyjna niezbędnego oprzyrządowania – 2 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> wyspecyfikowanie oprzyrządowania specjalnego, zaprezentowanie posiadanej dokumentacji oprzyrządowania, analiza przyrządu specjalnego do wybranej operacji. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> określić potrzeby w zakresie przyrządów specjalnych, na podstawie szkicu z karty instrukcyjnej z określonym sposobem bazowania naszkicować prosty przyrząd specjalny.

C2 . Przygotowanie obrabiarki CNC do pracy – 48 godz.

L.p.	Zadania opiekuna	Umiejętności słuchacza
1	Prezentacja budowy wybranych obrabiarek sterowanych numerycznie – 8 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja najważniejszych zespołów wykonawczych obrabiarki CNC, omówienie układu współrzędnych i kierunków ruchów zespołów roboczych obrabiarki CNC, prezentacja trybów pracy obrabiarki CNC. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> wskazać najważniejsze zespoły wykonawcze obrabiarki CNC, określić kierunki przemieszczeń zespołów wykonawczych obrabiarki CNC (układ współrzędnych obrabiarki CNC), znapodstawowe tryby pracy obrabiarki CNC.

2	Montaż i mocowanie narzędzi na obrabiarce sterowanej numerycznie – 8 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> omówienie systemów mocowania narzędzi na obrabiarce CNC, praktyczna prezentacja procesu przygotowania narzędzi do wybranych operacji obróbkowych, montaż narzędzi w głowicach rewolwerowych i magazynach narzędziowych. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> określić system mocowania narzędzi obrabiarki CNC, dobrać elementy składowe zespołu narzędziowego (oprawki, elementy mocujące itp.), zmontować zespół narzędziowy, zamocować zespół narzędziowy na obrabiarce CNC.
3	Określenie wymiarów korekcyjnych narzędzi – 8 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja metod określenia wielkości korekcyjnych narzędzi, przedstawienie sposobów wpisu wielkości korekcyjnych narzędzi do pamięci układu sterowania numerycznego. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> określić wielkości korekcyjne narzędzi stosowanych na obrabiarce CNC przy wykorzystaniu różnych technik pomiarowych, wpisać dane korekcyjne do pamięci układu sterowania numerycznego.
4	Przygotowanie i montaż uchwytów obróbkowych – 4 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja standardowych uchwytów obróbkowych stosowanych na obrabiarce CNC, prezentacja na wybranych przykładach specjalnych uchwytów obróbkowych, przedstawienie metod montażu i ustalenia uchwytu obróbkowego w przestrzeni roboczej obrabiarki CNC. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> właściwie wykorzystać standardowe uchwyty obróbkowe, przedstawić ogólne zasady tworzenia uchwytów specjalnych, ustalić i zamocować uchwyt obróbkowy w przestrzeni roboczej obrabiarki CNC.
5	Wprowadzenie danych do układu sterowania numerycznego (programy sterujące, dane narzędziowe) – 8 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> omówienie posługiwania się klawiaturą układu sterowania numerycznego, przedstawienie interfejsów służących do przesyłania danych do układu sterowania CNC, przedstawienie sposobów wpisywania i edycji danych w pamięci sterowania CNC. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> wprowadzać nowe dane do pamięci układu sterowania CNC (np. programy sterujące, wielkości korekcyjne narzędzi), edytować i kasować dane wpisane wcześniej do pamięci układu CNC.
6	Ustawianie punktu zerowego przedmiotu obrabianego (bazy obróbkowej) – 8 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> omówienie roli punktu zerowego przedmiotu (bazy obróbkowej), prezentacja technik i narzędzi służących do ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego w przestrzeni roboczej obrabiarki CNC. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> wykorzystać różne techniki ustawiania punktu zerowego przedmiotu obrabianego (metoda na „wiór”, wszelkiego rodzaju przyrządy ustawcze, itp.), ustawić punkt zerowy przedmiotu obrabianego w różnych położeniach (np. oś otworu, środek kanałki, naroże przedmiotu itp.), wpisać położenie punktu zerowego do pamięci układu sterowania CNC.

7	Testowanie programu sterującego – 4 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja metod testowania poprawności przygotowania obrabiarki CNC do pracy. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> przetestować poprawność przygotowania obrabiarki CNC do pracy różnymi metodami (np. symulacja graficzna, „suche” przejścia, wykonanie programu blok po bloku), wyciągnąć właściwe wnioski z przeprowadzonych testów i dokonać właściwych korekt ustawienia obrabiarki CNC.

C3. Podstawy obsługi operatorskiej obrabiarki CNC – 8 godz.

L.p.	Zadania opiekuna	Umiejętności słuchacza
1	Bieżąca kontrola techniczna – 2 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja zasad kontroli poprawności realizacji procesu obróbki w produkcji seryjnej, omówienie sposobów bieżącej kontroli wymiarowej wytwarzanych części. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ocenić na podstawie obserwacji obrabiarki i wytwarzanych części niekorzystne zjawiska zachodzące w trakcie obróbki (stępienie narzędzia, brak chłodziwa itp.), dokonać kontroli istotnych wymiarów wytwarzanych przedmiotów.
2	Korekty programu sterującego obrabiarką – 2 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> udzielenie wskazówek dotyczących uzyskiwania informacji niezbędnych do korygowania programu sterującego obrabiarką (niezgodność wymiarowa wykonywanych części, niewłaściwy stan powierzchni przedmiotu itp.). 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> dokonywać bieżącej korekty programów obróbkowych oraz nanosić poprawki w tablicy wielkości korekcyjnych narzędzi.
3	Wymiana zużytych narzędzi – 3 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja metod mocowania wielostrzowych płytek przestawnych, prezentacja zasad wymiany narzędzi jednolitych. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> dokonać wymiany zużytej płytki narzędziowej wymiennej lub narzędzia jednolitego, powtórnie określić wymiary korekcyjne wymienionych narzędzi.
4	Zapewnienie zaopatrzenia obrabiarki CNC w odpowiednie media (prąd elektryczny, sprężone powietrze itp.) – 1 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> prezentacja wszystkich systemów zapewniających właściwą pracę obrabiarki sterowanej numerycznie (system sprężonego powietrza, system smarowania, układ chłodziwa obróbkowego, zasilanie elektryczne itp.). 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> skontrolować najważniejsze punkty obrabiarki sterowanej numerycznie, zapewnić właściwe ciśnienie sprężonego powietrza, poziom oleju w układzie smarowania, poziom chłodziwa.

C4. Kontrola techniczna – 8 godz.

	Zadania opiekuna	Umiejętności słuchacza
1	Dobór i wykorzystanie właściwego sprzętu pomiarowego – 2 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> zaprezentowanie dostępnego w firmie sprzętu pomiarowego, prezentacja sposobu użycia maszyn pomiarowych lub ramion pomiarowych, zapoznanie z zasadami doboru właściwego sprzętu pomiarowego, omówienie zasady legalizacji. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> dobierać właściwie sprzęt pomiarowy, posługiwać się podstawowym sprzętem pomiarowym, opisać zasady legalizacji.
2	Realizacja kontroli technicznej wyrobu – 4 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> zapoznanie ze strukturą organizacyjną kontroli jakości, omówienie wymagań stawianych pracownikom w zakresie kontroli jakości, zapoznanie ze sposobem pomiaru ilości braków – metody statystyczne. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> określić rolę kontroli jakości w przedsiębiorstwie, określić sposoby badania poziomu braków, stosować zasady postępowania w dążeniu do minimalizacji poziomu braków.
3	Tworzenie dokumentacji kontrolnej – 2 godz.	
	<ul style="list-style-type: none"> przedstawienie podstawowego dokumentu – protokołu kontroli jakości, przedstawienie analizy przyczyn i skutków powstawania braków – tabele, wykresy zwalnianie wyprodukowanej partii wyrobów do magazynu. 	<p>Słuchacz potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> wypełnić protokół kontroli jakości, przeanalizować przyczyny powstania braków dla konkretnego wyrobu.

Literatura:

- Tadeusz Dobrzański, Rysunek techniczny maszynowy, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Wydanie 24, 2007.
- Władysław Jakubiec, Jan Malinowski, Metrologia wielkości geometrycznych, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Warszawa, 2007.
- Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Podręcznik europejski, Praca zbiorowa pod red. Z. Humiennego, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 2004.
- Mieczysław Feld, Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn,

Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Wydanie III, 2007.

- Wiesław Olszak, Obróbka skrawaniem, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 2009.
- Jerzy Honczarenko, Obrabiarki sterowane numerycznie, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Warszawa, 2008.
- Wit Grzesik, Piotr Niesłony, Marian Bartoszek, Programowanie obrabiarek NC/CNC, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 2008.
- Obróbka skrawaniem w praktyce. Poradnik inżyniera, konstruktora i mechanika, pod redakcją dr. inż. Jerzego Stósa, Wydawnictwo Verlag Dashofer.
- Podstawy obróbki CNC (praca zbiorowa), Wydawnictwo Rea, Warszawa, Wydanie 2 (2007).
- Programowanie obrabiarek CNC. Frezowanie (praca zbiorowa), Wydawnictwa REA, 2002.
- Programowanie obrabiarek CNC. Toczenie (praca zbiorowa), Wydawnictwa REA, 2002.
- Witold Habrat, Obsługa i programowanie obrabiarek CNC. Podręcznik operatora., Wydawnictwo „KaBe” S.C., 2007.
- Piotr Cichosz, Narzędzia skrawające, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 2009.
- Karol Dudik, Eugeniusz Górski, Poradnik tokarza, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 2008.
- Eugeniusz Górski, Poradnik frezera, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, 1999.

Rysunek techniczny maszynowy jest to konwencja graficznego przedstawiania urządzeń, zespołów i pojedynczych części oraz zależności pomiędzy nimi, a także wymagań im stawianych. Rysunek techniczny maszynowy zawsze powinien być wykonywany zgodnie z regułami opisanymi w licznych normach. Są to reguły stosowane i rozumiane na całym świecie. Załącznik nr 1 zawiera wykaz aktualnych norm dotyczących rysunku technicznego. Zaczynając od formatów arkuszy, pisma, podziałki rysunkowej, rozmieszczenia widoków i przekrojów kończąc na liniach wymiarowych i pomocniczych.

Istotą tego opracowania jest zwrócenie uwagi na te elementy rysunku, które pomagają w jednoznacznym jego rozumieniu i interpretacji ułatwiającej opracowanie procesu technologicznego.

Są nimi:

- metoda rzutowania,
- wymiarowanie,
- tolerowanie wymiarów w tym tolerancje warsztatowe,
- tolerowanie kształtu i położenia w tym tolerancje warsztatowe,
- oznaczanie chropowatości i falistości powierzchni,
- obróbki cieplne i cieplno–chemiczne,
- powłoki ochronne,
- rodzaj materiału.

Każda z tych cech powinna być jednoznacznie określona i opisana zgodnie z obowiązującymi normami.

2.2. Metody wymiarowania

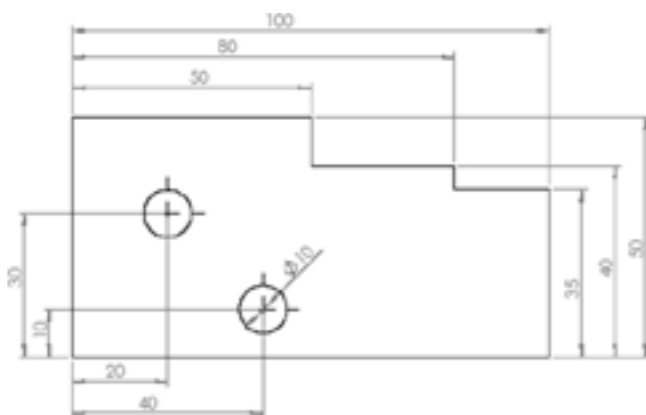
Zasadniczo wyróżnia się trzy metody wymiarowania:

- równoległa,
- szeregowa,
- mieszana.

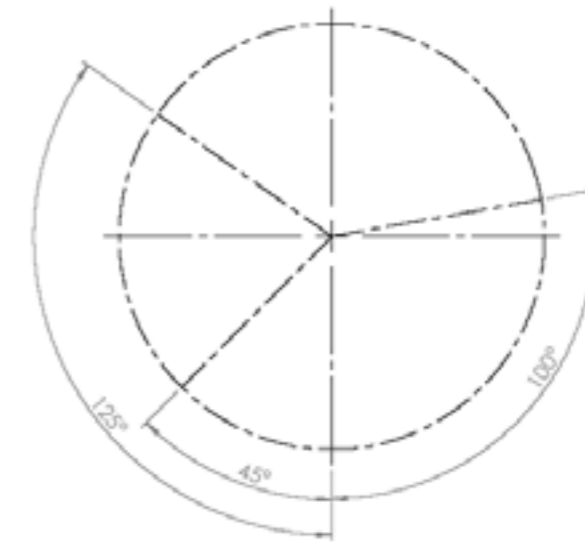
Każda z tych metod ma swoje wady i zalety i jest stosowana przez konstruktora w zależności od ważności wzajemnego położenia poszczególnych elementów wymiarowanych. Zawsze wskazane jest wymiarowanie najbardziej logiczne i czytelne w aspekcie technologiczności wykonania. Dotyczy to również doboru materiału wyjściowego.

Wymiarowanie metodą równoległą polega na podaniu wymiarów od jednej bazy wymiarowej, (rys. 2.1). W układach płaskich występują zawsze co najmniej dwie bazy, w przestrzennych – trzy.

a)



b)

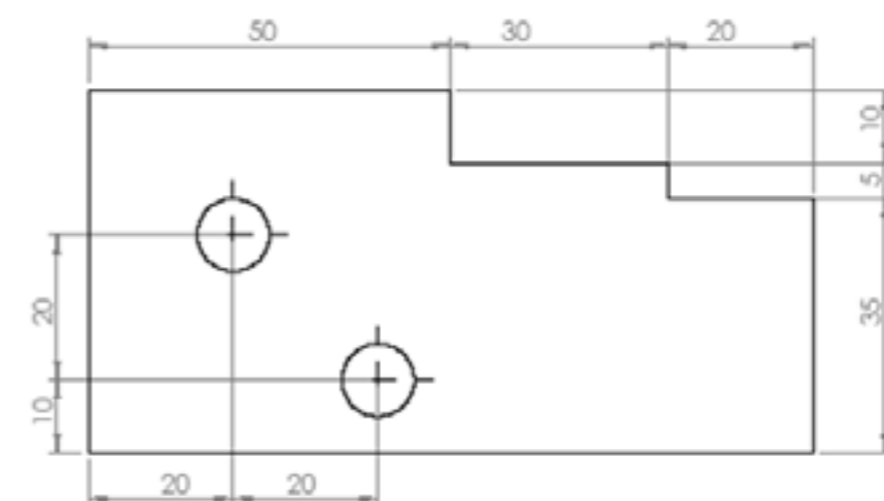


Rys.2.1 Wymiarowanie w układzie równoległym a) we współrzędnych prostokątnych b) we współrzędnych biegunowych

W tej metodzie wymiarowania dokładność każdego wymiaru uzyskanego podczas obróbki jest od siebie niezależna. Zależy jedynie od niedokładności prowadzonego procesu obróbczego. Ten sposób wymiarowania stosuje się, gdy ważne jest położenie kilku różnych powierzchni części od jednej bazy. Wygodne jest również dla programistów obrabiarek numerycznych. Nie zaleca się stosowania tej metody, gdy istotne jest dokładne określenie położenia dwóch niezależnych od przyjętej bazy powierzchni. Wymaga to bowiem zacieśnienia tolerancji wykonania wymiarów składowych.

Wymiarowanie w układzie szeregowym polega na wpisywaniu wymiarów równoległych jeden po drugim (Rys. 2.2). Ta metoda pozwala na dokładne określenie zależności pomiędzy wybranymi powierzchniami przedmiotu niezależnie od bazy.

a)

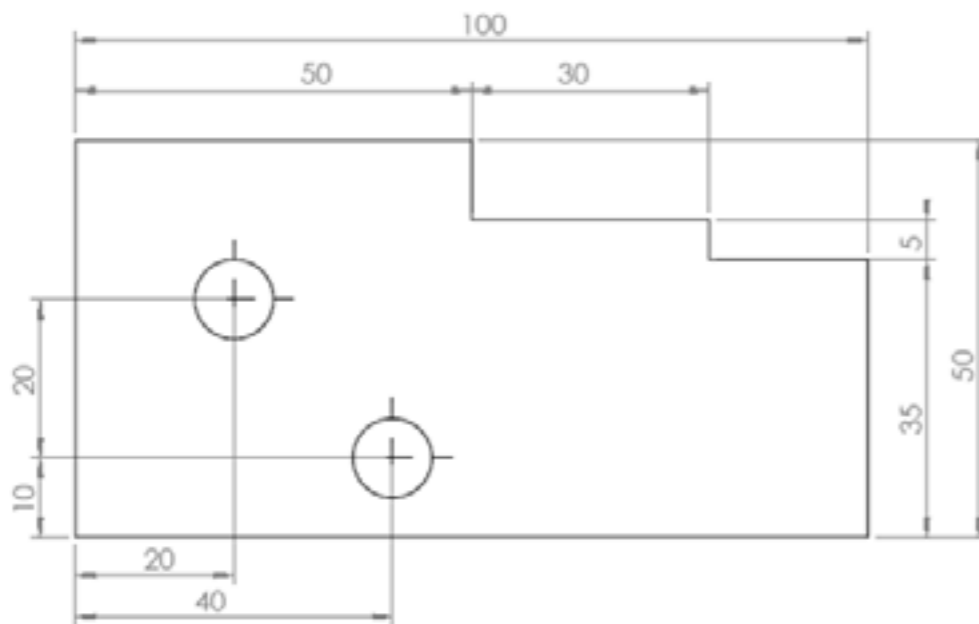


b)



Rys.2.2 Wymiarowanie w układzie szeregowym a) we współrzędnych prostokątnych, b) we współrzędnych biegunowych.

Wymiarowanie w układzie szeregowym stosuje się często do określania położenia powierzchni części, która współpracuje z inną, w przypadkach obróbki przedmiotów zespołem narzędzi, głowicą wielowrzecionową itp. Wymiarowanie w układzie mieszanym łączy w sobie zalety obu omówionych metod. Wymiar, który powinien być związany z określoną bazą, wymiaruje się od tej bazy, czyli równolegle (Rys.2.3).



Rys. 2.3 Wymiarowanie metoda mieszaną

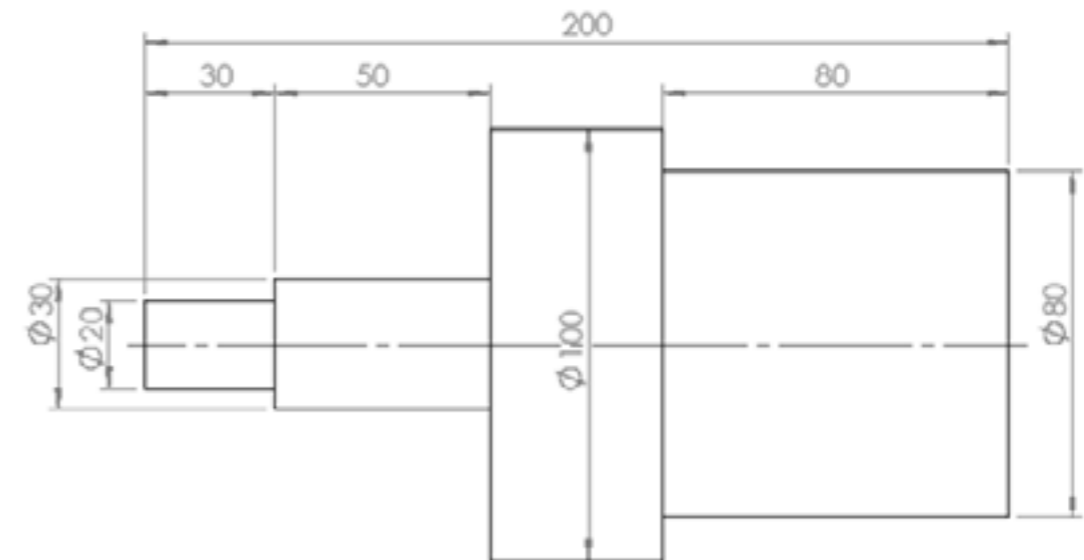
Natomiast położenie pozostałych elementów wymiarowanych określa się stosując metodę szeregową. Takie wymiarowanie umożliwia podanie na rysunku wszystkich istotnych cech części, ważnych we współpracy z innymi w zespole. Każdy sposób wymiarowania ma wpływ na późniejsze opracowanie procesu technologicznego. We wszystkich trzech metodach wymiarowania łańcuch wymiarowy należy zawsze pozostawić otwarty.

2.3. Bazy wymiarowe

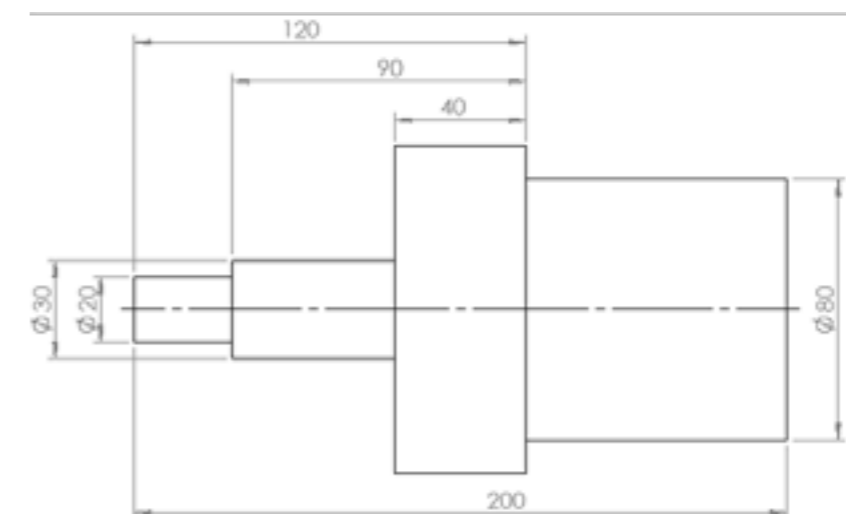
Rozróżniamy następujące bazy wymiarowe:

- konstrukcyjne,
- technologiczne,
- pomiarowe,
- rzeczywiste,
- wyobrażalne.

Wymiarowanie od baz konstrukcyjnych stosuje się, gdy istotne jest położenie części w zespole, gdy ma to bezpośredni wpływ na pasowania i luzy, jakie mamy osiągnąć w montażu (Rys. 2.4). Zaletą tego sposobu są niewątpliwie krótkie łańcuchy wymiarowe oraz niewielki wpływ technologii wykonania. Jest to jednocześnie wadą, gdyż podczas opracowywania technologii należy przeliczać wymiary, zawęzić tolerancję, co ma decydujące znaczenie w kosztach produkcji.

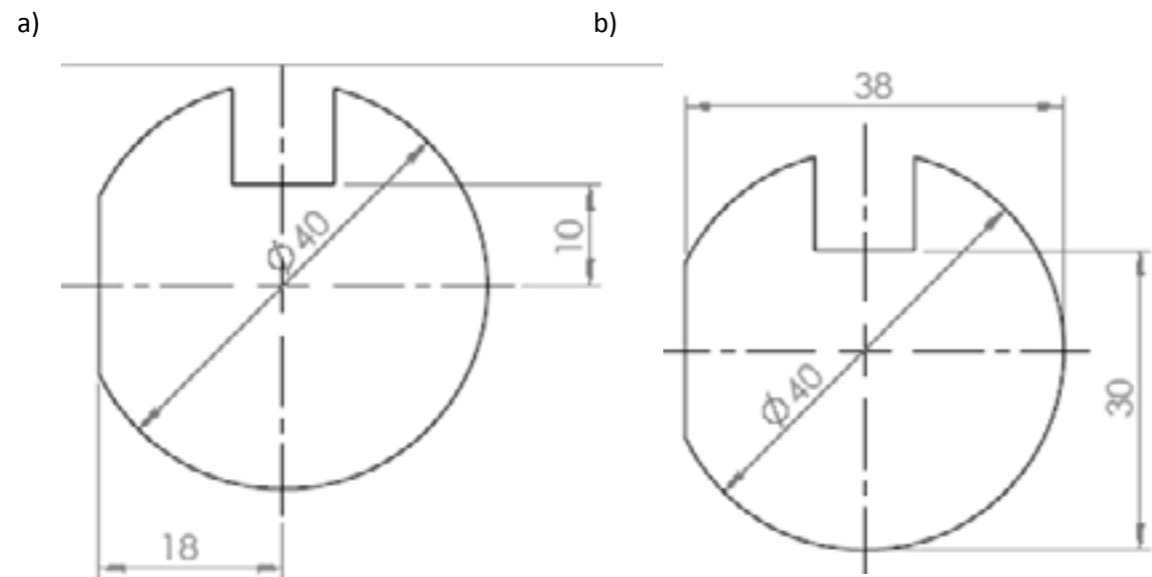


Rys. 2.4 Wymiarowanie od baz konstrukcyjnych



Rys 2.5 Wymiarowanie od baz technologicznych

Wymiarowanie od baz technologicznych stosuje się, gdy istotną rolę odgrywa technologia wykonania. Uproszczeniu ulega proces technologiczny, łatwiejsze do uzyskania są dokładniejsze wymiary, nie ma potrzeby przeliczania wymiarów, zacieśniania tolerancji, często również zmniejsza się ilość zastosowanego oprzyrządowania technologicznego. Niestety bardzo często bazy obróbkowe nie pokrywają się z bazami konstrukcyjnymi. Ważna więc staje się tutaj współpraca konstruktora z technologiemi. W praktyce podaje się wymiary najważniejsze od baz konstrukcyjnych, szczególnie z te łańcuchów wymiarowych zespołów i toleruje się je dokładnie. Wymiary nie mające wpływu na współpracę z innymi częściami wymiaruje się zwykle od baz technologicznych i toleruje mniej dokładnie. Wymiarowanie od baz pomiarowych stosuje się, gdy przewiduje się sprawdzanie wyznaczonych wymiarów podczas obróbki. W praktyce przemysłowej, bazy technologiczne i pomiarowe pokrywają się ze sobą. Uwaga praktyczna, przy wymiarowaniu od baz technologicznych wymiary odnoszące się do jednej operacji należy umieszczać na jednym rzucie. Usprawnia to pracę technologa. W praktyce inżynierskiej funkcjonują jeszcze dodatkowo pojęcia wymiarowania od baz wyobraźalnych i rzeczywistych. Wymiarowania od baz wyobraźalnych należy unikać, ponieważ utrudnia ono przede wszystkim dokonywanie pomiarów i komplikuje sam proces obróbczy.



Rys. 2.6 Wymiarowanie od baz a) wyobraźalnych b) rzeczywistych

Wymiarowanie takie należy zastępować wymiarowaniem od powierzchni przedmiotu, czyli od baz rzeczywistych (Rys. 2.6 b). Nie zawsze jest to jednak możliwe. Nie da się uniknąć wymiarowania od baz wyobraźalnych, na przykład w przypadku części symetrycznych.

3. Tolerowanie

3.1. Definicja tolerancji

Tolerancją nazywamy różnicę między górnym i dolnym wymiarem granicznym.

Wymiary pokazywane na rysunku technicznym są wymiarami nominalnymi. Niedokładności wykonawcze powodują, że zawsze wymiary rzeczywiste odbiegają od nominalnych. Konstruktor projektując element musi określić tolerancje dla najważniejszych wymiarów, uwzględniając warunki współpracy tego elementu z innymi.

Tolerancja określa dopuszczalne odchylenia od wymiaru nominalnego N .

Każdy wymiar ma dwa określone wymiary graniczne: wymiar górny B i dolny A pomiędzy, którymi znajduje się wymiar rzeczywisty,

$$T = B - A$$

gdzie:

A – wymiar graniczny dolny

B – wymiar graniczny górny

Odchyłka górna E_s dla otworu lub e_s dla wałka oblicza się ze wzoru:

$$E_s = B - N$$

$$e_s = B - N$$

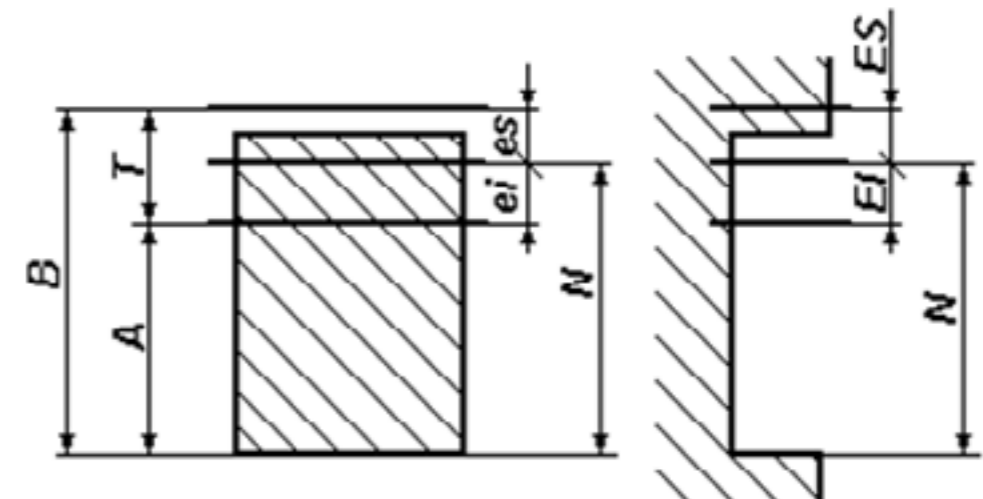
Odchyłka dolna E_i dla otworu lub e_i dla wałka oblicza się ze wzoru:

$$E_i = A - N$$

$$e_i = A - N$$

Odchyłki mogą mieć wartości dodatnie lub ujemne w zależności od wymagań.

Graficzny obraz powyższych zależności przedstawia rys.3.1



Rys.3.1 Położenie wymiarów granicznych, nominalnych, odchyłek

3.2. Tolerancja wymiaru

Konstruktor może korzystać z ustalonego w normach PN-EN 20286-2:1996 (zakres wymiarów do 3150 mm) i PN-91/M-02106 (zakres od 3150 mm do 10000 mm) układu tolerancji. Mówimy wtedy o tolerowaniu normalnym. Symbol literowy oznacza położenie pola tolerancji względem wymiaru nominalnego, symbol cyfrowy – wartość tolerancji.

Polska Norma przewiduje 20 klas dokładności numerowanych cyframi arabskimi:

Klasy

01, 0 – używa się do narzędzi pomiarowych,

1 do 4 – używa się do najdokładniejszych urządzeń precyzyjnych, sprawdzianów,

5 do 11 – używa się do typowych aplikacji maszynowych,

12 do 18 – używa się do mniej dokładnych konstrukcji.

Literowe oznaczanie pól tolerancji.

Dla wymiarów wewnętrznych duża litera

- tolerancje **A** od do **G** – gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego,

- H** – gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny równy wymiarowi

nominalnemu,

- **J** – gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarem granicznym dolnym i górnym,
- **K** – gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy,
- od **P Z do** – gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego.

Dla wymiarów zewnętrznych mała litera

- tolerancje **a od do g** – gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego,
- **h** – gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny równy nominalnemu,
- **j** – gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarem granicznym dolnym i górnym,
- **k** – gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny jemu równy,
- od **p z do** – gdy wymiary graniczne są większe od nominalnego.

Ten sposób tolerowania jest preferowany szczególnie ze względu na możliwość stosowania w procesie produkcyjnym typowych narzędzi i sprawdzianów.

Tolerowanie swobodne

Takim tolerowaniem nazywamy zapis tolerancji przez konstruktora lub technologa bezpośrednio wartościami liczbowymi.

Tolerancje kształtu i położenia

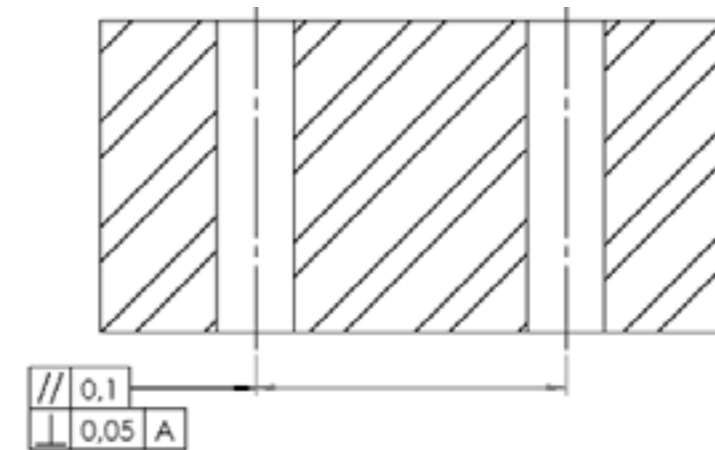
Zasady tolerowania kształtu i położenia powierzchni części maszyn są określone Normą PN-EN ISO 1101 oraz innymi normami z nią związanymi. Oznaczenie tolerancji składa się z symbolu określonej tolerancji i wartości liczbowej podanej w mm oraz znaku lub znaków bazy odniesienia w przypadku tolerancji położenia. Tolerancję kształtu oznacza się tylko symbolem oraz jej wartością liczbową. Tolerancje kształtu, położenia i bicia oraz ich symbole graficzne.

Tolerancja	Właściwość geometryczna (charakterystyka)	Symbol
Kształtu	Prostoliniowość	—
	Płaskość	
	Okrągłość	
	Walcowość	
Położenia	Równoległość	//
	Prostopadłość	
	Pozycja	

Położenia	Współśrodkowość (dla punktów środkowych)	
	Współosiowość (dla osi)	
	Symetria	
	Bicie	
	Bicie całkowite	

Rys. 3.2 Oznaczenia tolerancji kształtu i położenia

Tolerancja położenia – maksymalna dopuszczalna odchyłka rzeczywistego położenia i usytuowania elementu lub jego osi od elementu wymaganego.



Rys. 3.3 Przykład oznaczania tolerancji położenia (tolerancja równoległości dwóch osi, tolerancja prostopadłości do powierzchni)

Tolerancje ogólne (tolerancje warsztatowe)

Zgodnie z zasadą kompletności i jednoznaczności informacji umieszczonych na rysunku, wprowadzono od dawna ograniczenia dotyczące odchyłek wszystkich wymiarów, kształtu, położenia, kierunku, lokalizacji. Są one nazwane tolerancjami ogólnymi, powszechnie warsztatowymi.

W praktyce europejskiej powszechnie stosowaną regułą jest TOLEROWANIE W GŁĘB MATERIAŁU dla swobodnych wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych oraz tolerowanie symetryczne dla wymiarów mieszanych (+,-).

Aktualnie obowiązujące normy: PN-EN22768-1 oraz PN-EN 2278-2 Tolerancje ogólne, określają:

- cztery klasy tolerancji wymiarów liniowych, kątowych oraz krawędzi – norma z indeksem 1;
 - f – dokładna,
 - m – średniოდokładna,
 - c – zgrubna,
 - v – bardzo zgrubna.
- trzy klasy tolerancji geometrycznych oznaczonych literami H; K; L – norma z indeksem 2 dla:
 - płaskości,

- prostoliniowości,
- okrągłości,
- równoległości,
- prostopadłości,
- symetrii,
- współosiowości,
- bicia.

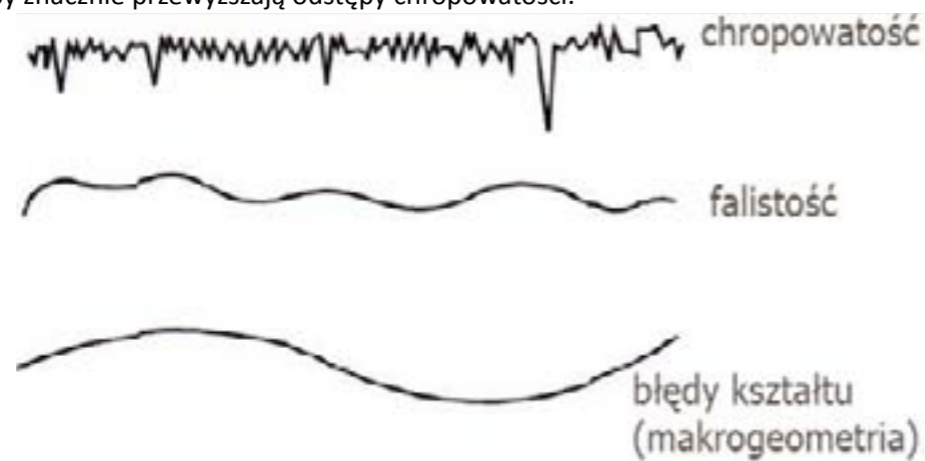
Klasy f, m, H, K stosuje się najczęściej w obróbce skrawaniem. Klasy pozostałe w konstrukcjach stalowych, blaszanych i obróbce plastycznej.

4. Chropowatość, falistość powierzchni

4.1. Definicja chropowatości i falistości

Chropowatość powierzchni – jest to cecha opisującą strukturę geometrii powierzchni (SGP). Oznacza rozpoznawalne optycznie lub wyczuwalne mechanicznie nierówności powierzchni. Chropowatość w przeciwieństwie do falistości powierzchni jest pojęciem odnoszącym się do nierówności o relatywnie małych odległościach wierzchołków. Wielkość chropowatości powierzchni zależy od rodzaju materiału i przede wszystkim od rodzaju jego obróbki.

Falistość określa się jako zbiór nierówności o charakterze przypadkowym lub zbliżonym do postaci okresowej, których odstępów znacznie przewyższają odstępów chropowatości.



Rys.4.1 Graficzne zobrazowanie pojęć chropowatości i falistości [1.9]

Jeżeli przyjmijemy parametr h jako amplitudę nierówności parametr s jako odległość pomiędzy najbliższymi wzniesieniami to dla:

- | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| $s/h < 50$ | mamy do czynienia z | – chropowatością |
| $50 < s/h < 1000$ | | – falistością |
| $s/h > 1000$ | | – błędem kształtu. |

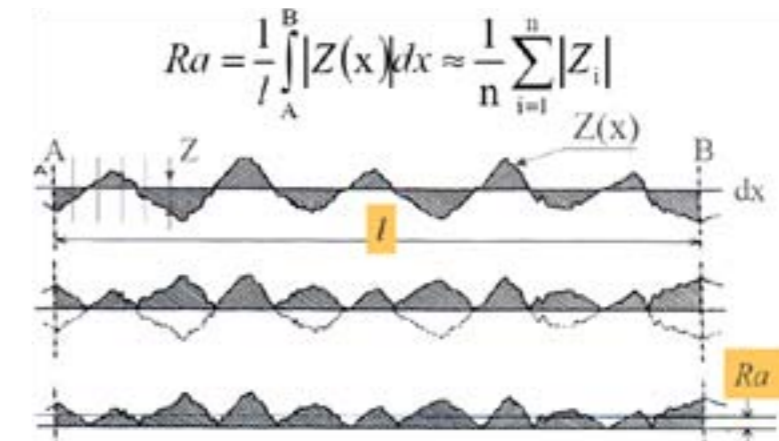
4.2. Parametry opisujące chropowatość

Parametry chropowatości dzielimy na grupy:

- amplitudowe pomiary wysokości wzniesień i głębokości wgłębień w przekroju prostopadłym do powierzchni,
- amplitudowe w przekroju prostopadłym do powierzchni średnie wartości rzędnych,
- odległościowe (poziome) pomiary w przekroju równoległym do powierzchni,
- mieszane.

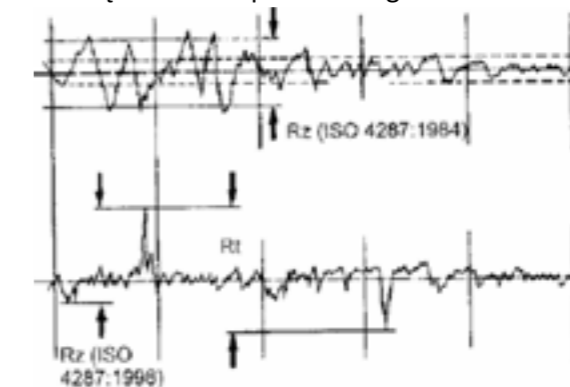
Norma PN–EN ISO 4287:1999 opisuje parametry ze wszystkich tych grup. Jest ich 14 rozpatrywanych w układzie 2D. Dodatkowo literatura przewiduje jeszcze 24 parametry w układzie 3D, które nie są jeszcze znormalizowane w skali europejskiej, a jedynie firmowej. Brak jest wyraźnych wskazań jakie parametry należy podawać na rysunku technicznym. Polska Norma PN–EN ISO 1302:2004, dotycząca oznaczania struktury geometrycznej powierzchni w dokumentacji technicznej wyrobu nie podaje żadnych rekomendacji dotyczących wyboru właściwego parametru. Praktycznie jednak prawie 100% firm stosuje parametr R_a , R_z już tylko 85%, R_t 60%, R_p 30% pozostałe osiem parametrów stosowanych jest przez niecałe 10% [1.4]. Niektóre wybrane parametry zdefiniowano i omówiono poniżej.

Parametr R_a – średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości od linii średniej. Jest średnią arytmetyczną bezwzględnych wartości rzędnych wewnątrz odcinka elementarnego.



Rys.4.2 Parametr R_a dla odcinka pomiarowego [1.9]

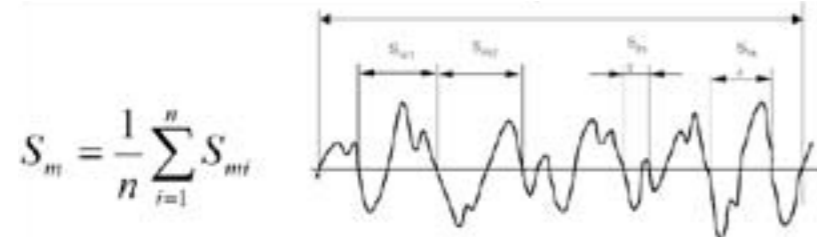
Całkowita wysokość profilu **parametr R_t** jest sumą wysokości najwyższego wzniesienia profilu R_p i największego wgłębienia R_v wewnątrz odcinka pomiarowego.



Rys.4.3 Parametr R_t dla odcinka pomiarowego [1.10]

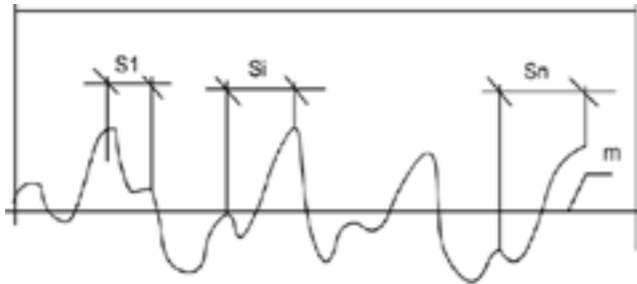
Na rys.4.3 pokazano równocześnie graficzną interpretację parametru Rz według norm ISO. Parametr ten nie jest opisywany w normie PN-EN ISO 4287:1999.

Parametr Rz jest średnią arytmetyczną pięciu największych wzniesień i wgłębień profilu na odcinku pomiarowym. Jest to średnia arytmetyczna wysokość nierówności. Parametry odległościowe nazywane również częstotliwościowymi opisują parametr S_m – średnia wartość odstępów na długości odcinka pomiarowego rys 4.4



Rys.4.4 Parametr S_m na odcinku pomiarowym [1.9]

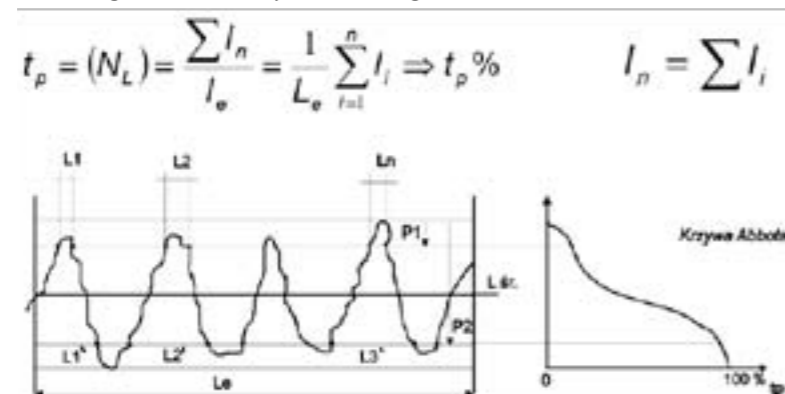
Parametr S – średni odstęp miejscowych wzniesień profilu. Interpretację graficzną przedstawia rys 4.5.



Rys. 4.5 Parametr S na odcinku pomiarowym [1.9]

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

Odcinek elementarny powinien być przynajmniej pięciokrotnie większy od parametru S_m . Parametrem opisującym nośność powierzchni jest **parametr t_p** określający procentowy udział sumy długości odcinków „nośnych” w stosunku do długości odcinka pomiarowego.

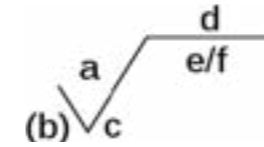


Rys. 4.6 Parametr t_p związany z krzywą udziału materiału profilu [1.10]

Krzywa Abotta–Firestona opisuje zróżnicowane własności profilu w zależności od jego głębokości. Tworzy się ją poprzez rysowanie prostych równoległych do linii średniej i sumowanie długości nośnych tak otrzymanych przekrojów. Odcinek elementarny l_e to znormalizowana długość profilu powierzchni pozwalająca na prawidłowe określenie parametrów chropowatości (0,08 ; 0,25 ; 0,8 ; 2,5 ; 8). Linia średnia profilu dzieli profil tak, w że przedziale odcinka elementarnego suma kwadratów odchyleń jest najmniejsza. Pojęcia te odnoszą się do różnych metod oceny chropowatości.

4.3. Oznaczanie chropowatości na rysunku

Polska Norma wyróżnia 14 klas chropowatości. Każdej z nich odpowiada zakres chropowatości Ra lub Rz. Zastosowanie nowych materiałów narzędziowych, obrabiarek CNC, zwiększonych parametrów obróbki umożliwia osiągnięcie znacznie lepszych parametrów chropowatości.



Znak chropowatość na rysunku technicznym.

Na rysunkach technicznych chropowatość pokazuje się stosując znak chropowatości wraz z informacjami (norma PN-ISO 1302:2004):

a – wartość chropowatości poprzedzona symbolem skali (np. Ra, Rz),

b – wartość reprezentująca nadatek materiału na obróbkę,

c – symbol kierunkowości struktury powierzchni,

d – informacja o metodzie wykonania, rodzaju obróbki,

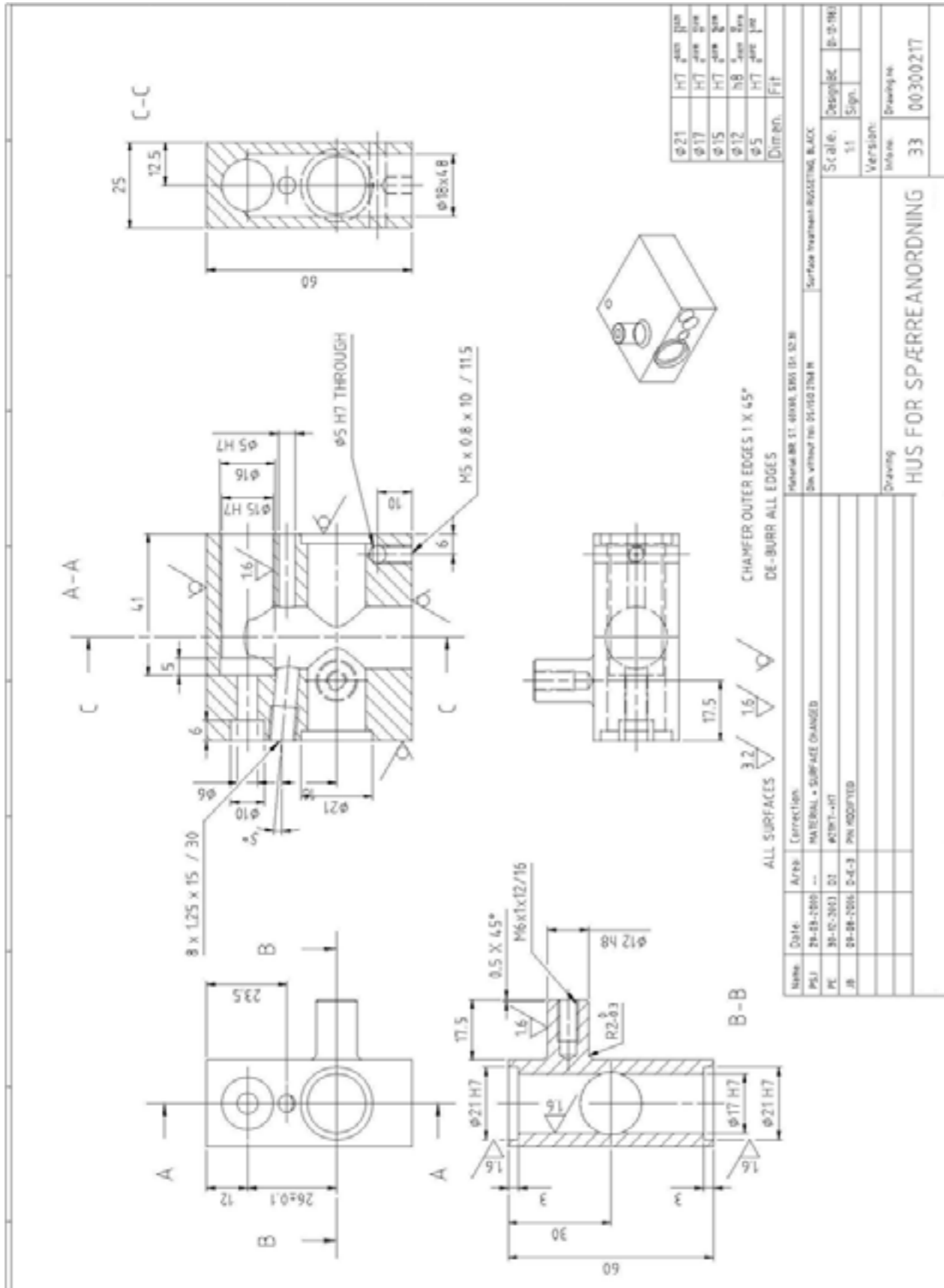
e – wartość reprezentująca wysokość falistości, poprzedzona odpowiednim symbolem lub długość odcinka,

f – wartość parametru chropowatości innego niż Ra poprzedzona symbolem skali.

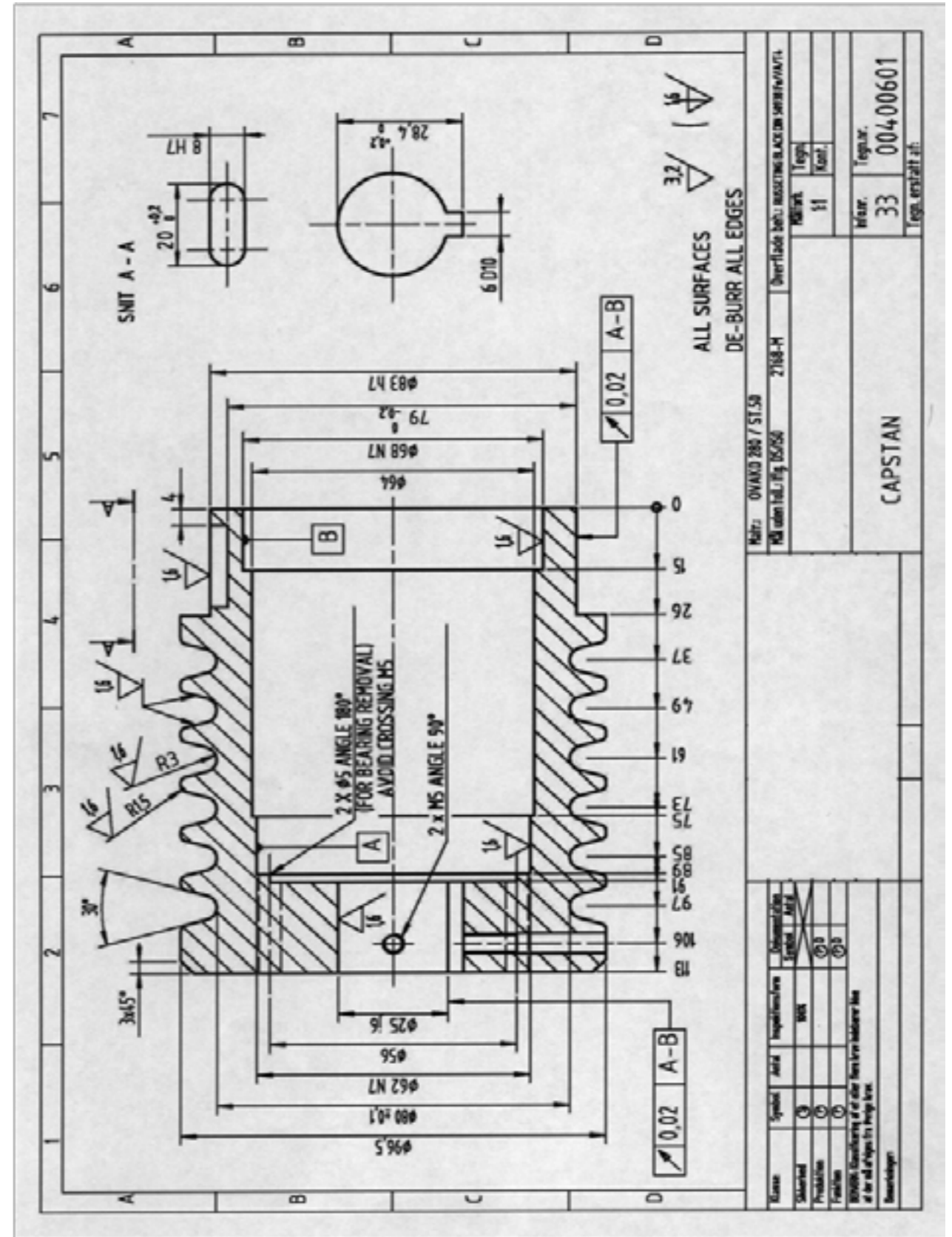
Wszystkie parametry liczbowe podawane w są **mikrometrach**. W poniższej tabeli zestawiono rodzaje obróbek z możliwymi do osiągnięcia parametrami chropowatości. Jest to uproszczone zestawienie i dotyczy przeciętnych warunków obróbki.

Tabela 1. Klasa chropowatości w zależności od metod obróbki [1.9]

Klasy chropowatości odpowiednie wartości Ra i Rz możliwa obróbka			
Klasa chropowatości	Ra	Rz	Rodzaj obróbki
1	80	320	zgrubna obróbka skrawaniem
2	40	160	zgrubna obróbka skrawaniem
3	20	80	dokładna obróbka skrawaniem
4	10	40	dokładna obróbka skrawaniem
5	5	20	wykańczające obróbka skrawaniem
6	2,5	10	wykańczające obróbka skrawaniem
7	1,25	6,3	szlifowanie zgrubne
8	0,63	3,2	szlifowanie średnio dokładne
9	0,32	1,6	szlifowanie wykańczające
10	0,16	0,8	docieranie
11	0,08	0,4	docieranie pastą diamentową
12	0,04	0,2	gładzenie
13	0,02	0,1	polerowanie
14	0,01	0,05	polerowanie

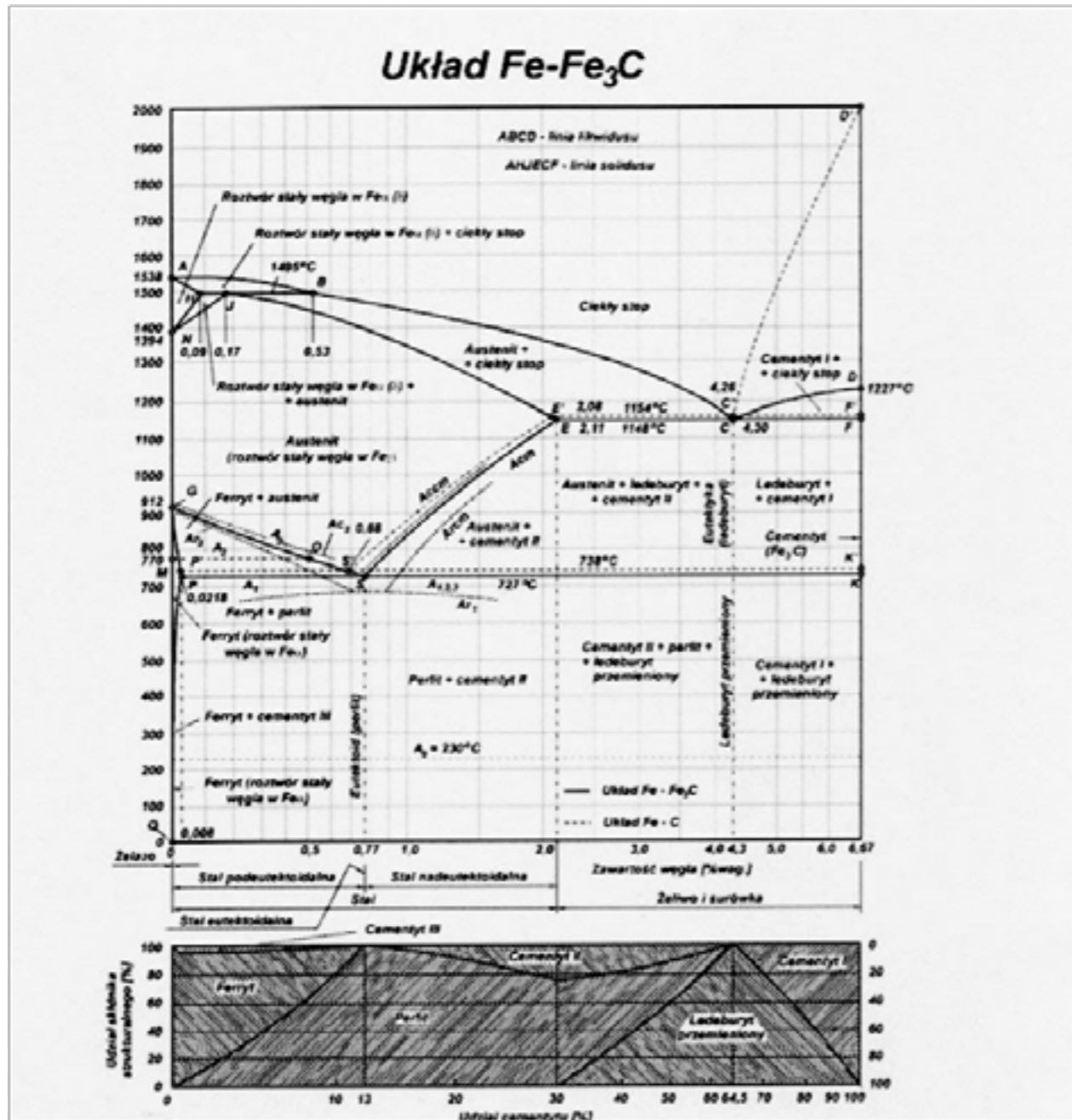


Rys. 5.3 Korpus elementu



Rys. 5.4 Tuleja. Przykład wymiarowania równoległego

6.1. Stopy żelaza



Rys. 6.1 Wykres żelazo – cementyt. Interpretacja podstawowych informacji.

Podstawowe składniki strukturalne stanu równowagi:

- Ferryt – jest roztworem węgla w żelazie alfa. Jest paramagnetyczny w temperaturze $> 770^{\circ}\text{C}$.
- Austenit – jest roztworem węgla w żelazie gamma. Jest trwały w stopach żelaza w temperaturze $> 727^{\circ}\text{C}$.
- Dodatki stopowe Ni, Mn, w określonym stężeniu powodują występowanie austenitu w stopach również w temperaturze otoczenia.

Austenit jest paramagnetyczny w każdej temperaturze.

• Cementyt – węgiel żelaza, Fe_3C – jest podstawowym związkiem węgla w postaci którego występuje on w stopach żelaza.

• Perlit – eutekoidalna mieszanina cementytu i ferrytu o budowie płytkowej, zawierająca 0,77% węgla.

Powstaje w temperaturze $< 727^{\circ}\text{C}$ wskutek rozpadu austenitu.

Definicje podstawowych stopów żelaza:

• Stal, jest przerobionym plastycznie stopem żelaza z węglem i innymi pierwiastkami o maksymalnej zawartości węgla do 2%.

• Staliwo jest podobnym stopem jak stal, stosowanym wyłącznie w stanie odlewanym. Zwykle zawartość węgla w staliwach nie przekracza 1%.

• Żeliwo jest stopem żelaza z węglem o zawartości węgla do 4,3%, w którym węgiel występuje w postaci cementytu i grafitu.

Żeliwo stosuje się wyłącznie w stanie odlewanym, jest nieobrabialne plastycznie. W żeliwach powszechnie używanych zawartość węgla nie przekracza 3,6%.

6.2. Klasyfikacja stali – kryteria wg PN-EN 10020;2003

Systemy oznaczania stali:

- znakowy (według PN-EN 10027-1:1994); znak stali składa się z symboli literowych i cyfr; stal oznaczamy dwójako według zastosowania i własności lub według składu chemicznego,
- cyfrowy (według PN-EN 10027-2:1994); numer stali składa się tylko z cyfr.

Każdy gatunek stali ma nadany znak i numer, jednoznacznie identyfikujące tylko jeden materiał.

Symbole w znaku są tak dobrane, że wskazują na jej główne cechy (zastosowanie, własności mechaniczne lub fizyczne, albo skład chemiczny), co ułatwia przybliżoną identyfikację gatunku stali.

Numer stali, który można podawać zamiast znaku, jest łatwiejszy do elektronicznego przetwarzania danych, gdyż składa się tylko z pięciu cyfr. Podany system oznaczeń stali – wprowadzono w państwach UE od 1992 r. Jak już wspomniano w systemie znakowym stal oznaczamy według jej zastosowania i własności fizykochemicznych lub według składu chemicznego. Szczegóły i metodykę takiego oznaczania przedstawiono w tabelach w Załączniku Nr 3.

W systemie znakowym ogólna forma oznaczenia jest następująco:

- X000Y

Znak stali „X” – oznaczono według zastosowania i własności mechanicznych lub fizycznych zawiera następujące główne symbole:

- S – stale konstrukcyjne (S235);
- P – stale pracujące pod ciśnieniem (P460);
- L – stal na rury przewodowe (L360);
- E – stale maszynowe (E295); za którymi umieszcza się liczbę będącą minimalną granicą plastyczności w MPa „000”;
- B – stale do zbrojenia betonu (B500); za którym umieszcza się liczbę będącą charakterystyczną granicą plastyczności „000”;
- Y – stale do betonu sprężonego (Y1770);

- R – stale na szyny w lub postaci szyn (R0900);
za którymi umieszcza się liczbę będącą wymaganą minimalną wytrzymałością na rozciąganie „000”;
- H – wyroby płaskie walcowane na zimno ze stali o podwyższonej wytrzymałości przeznaczone do kształtowania na zimno, za którym umieszcza się liczbę będącą wymaganą minimalną granicą plastyczności „000” (H420);
- D – wyroby płaskie ze stali miękkich przeznaczonych do kształtowania na zimno, za którymi umieszcza się jedną z liter:
- C – dla wyrobów walcowanych na zimno,
 - D – dla wyrobów walcowanych na gorąco przeznaczonych do kształtowania na zimno,
 - X – dla wyrobów bez charakterystyki walcowania (na zimno lub na gorąco), oraz dwa symbole cyfrowe lub literowe charakteryzujące stal (DC03).
- T – wyroby walcowni blachy ocynkowanej, za którym umieszcza się:
- H dla wyrobów o jednokrotnie zredukowanej grubości – za, którą podaje się liczbę będącą wymaganą nominalną twardością wg HR 30Tm (TH52);
 - dla wyrobów o dwukrotnie zredukowanej grubości – liczbę będącą wymaganą nominalną granicą plastyczności (T660).

„Y” – oznaczenie dodatkowe np.:

- H – stal konstrukcyjna na kształtowniki (S355J0H),
- N – stal konstrukcyjna spawalna wyżarzona (S275N),
- GD – stal do powlekania na gorąco (S280GD+..),
- U – stal na narzędzia (C80U),
- +Z – stal powlekana cynkiem (S320GD+Z),
- M – stal walcowana (S550MC),
- C – stal walcowana na zimno,
- Q – stal po ulepszeniu cieplnym (S500Q),
- L – stal do pracy w obniżonych temperaturach (S690QL).

Oznaczenie stali według składu chemicznego

W znakach stali wg składu chemicznego wyróżnia się cztery podgrupy:

- stale niestopowe (bez stali automatowych) o średniej zawartości Mn < 1%. Znak tych stali składa się z następujących symboli głównych, umieszczonych kolejno po sobie: litery C i liczby będącej 100-krotną średnią wymaganą zawartością węgla (np. C35);
- stale niestopowe o średniej zawartości manganu > 1%, niestopowe stale automatowe i stale stopowe (bez stali szybkoitnych) o zawartości każdego pierwiastka stopowego < 5%. Znak tych stali składa się z: liczby będącej 100-krotną wymaganą średnią zawartością węgla, symboli pierwiastków chemicznych składników stopowych stali w kolejności malejącej zawartości pierwiastków oraz liczb oznaczających zawartości poszczególnych pierwiastków stopowych w stali; każda liczba oznacza odpowiednio średni procent zawartości pierwiastka pomnożony przez współczynnik wg tablicy 2i zaokrąglony do najbliższej liczby całkowitej; liczby oznaczające zawartości poszczególnych pierwiastków stopowych należy oddzielić poziomą kreską; na przykład 55NiCrMoV6–2–2 jest znakiem stali o średnim składzie: 0,55% C, 1,5% Ni, 0,6% Cr, 0,2% Mo i poniżej 0,1% V. Jest to stal narzędziowa do pracy na gorąco.

Tabela 2. Współczynnik do ustalania symboli liczbowych pierwiastków stopowych przy oznaczaniu stali stopowych (bez stali szybkoitnych) o zawartości każdego pierwiastka stopowego <5% (PN-EN 10027-1)

Pierwiastek	Współczynnik
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

- stale stopowe (bez stali szybkoitnych) zawierające przynajmniej jeden pierwiastek stopowy w ilości > 5%. Znak tych stali składa się z: litery X, liczby będącej 100-krotną wymaganą średnią zawartością węgla, symboli chemicznych pierwiastków stopowych stali w kolejności malejącej zawartości oraz liczb (zaokrąglonych do najbliższej liczby całkowitej) oznaczających średni procent zawartości poszczególnych pierwiastków; na przykład X5CrNiMo 17–12–2 jest znakiem stali o składzie: maks. 0,07% C, 17,5% Cr, 11,6% Ni, 2,25% Mo;
- stale szybkoitne. Znak tych stali składa się z następujących symboli literowych i liczbowych: liter HS oraz liczb oznaczających procentowe zawartości (zaokrąglone do najbliższych liczb całkowitych) pierwiastków stopowych w następującej kolejności: wolfram, molibden, wanad, kobalt; na przykład HS 2–9–1–8 jest znakiem stali szybkoitnej o średniej zawartości pierwiastków stopowych: 2% W, 9% Mo, 1% V i 8% Co. Zawartość chromu w stalach szybkoitnych nie jest podawana, gdyż jest we wszystkich gatunkach tych stali taka sama i wynosi od 4,0 do 4,5%;
- stale stopowe (bez stali szybkoitnych) zawierające przynajmniej jeden pierwiastek stopowy w ilości > 5%. Znak tych stali składa się z: litery X, liczby będącej 100-krotną wymaganą średnią zawartością węgla, symboli chemicznych pierwiastków stopowych stali w kolejności malejącej zawartości oraz liczb (zaokrąglonych do najbliższej liczby całkowitej) oznaczających średni procent zawartości poszczególnych pierwiastków; na przykład X5CrNiMo 17–12–2 jest znakiem stali o składzie: maks. 0,07% C, 17,5% Cr, 11,6% Ni, 2,25% Mo;
- stale szybkoitne. Znak tych stali składa się z następujących symboli literowych i liczbowych: liter HS oraz liczb oznaczających procent zawartości (zaokrąglone do najbliższych liczb całkowitych) pierwiastków stopowych w następującej kolejności: wolfram, molibden, wanad, kobalt; na przykład HS 2–9–1–8 jest znakiem stali szybkoitnej o średniej zawartości pierwiastków stopowych: 2% W, 9% Mo, 1% V i 8% Co. Zawartość chromu w stalach szybkoitnych nie jest podawana, wynosi od 4,0 do 4,5%.

Ogólna forma cyfrowego oznaczenia stali jest następująca:

- 1.XXYY

gdzie:

1 – stal, XX – numer grupy stali

Grupy stali – ustalono według składu chemicznego, własności mechanicznych, fizycznych i technologicznych oraz według zastosowania:

- od 01 do 07 – Stale niestopowe jakościowe,
- od 91 do 97 – Stale niestopowe jakościowe,
- od 10 do 18 – Stale niestopowe specjalne,
- od 40 do 49 – Stale żaroodporne i odporne na korozję,

od 50 do 89 – Stale stopowe konstrukcyjne, maszynowe i na zbiorniki ciśnieniowe.

YY – Numer wyróżniający konkretny gatunek stali np. 1.4507

Ponadto wiele rodzajów stali o specyficznych właściwościach, nie ujętych w cytowanej normie, stosowanych w budowie maszyn ma nazwy własne, nadawane przez producentów. Należą one oczywiście do określonych grup jak wyżej.

Przykłady:

- Stale kwasoodporne do pracy w szczególnych warunkach – DUPLEX, SUPERDUPLEX, itp.;
- Stale trudnościeralne – HARDOX, XAR, BRINAR, FORA, RAEX, itp.;
- Stale o podwyższonej wytrzymałości – SP 400, TOOLOOX, itp.

6.3. Żeliwa

Cechy charakterystyczne:

- zdolność tłumienia drgań,
- dobra obrabialność,
- wysoka odporność na korozję w porównaniu do większości stali,
- dobra lejność.

Rodzaje żeliw:

Żeliwa niestopowe:

- żeliwo szare (grafit w postaci płatków różnej wielkości),
- żeliwo modyfikowane (grafit w postaci drobnych płatków),
- żeliwo sferoidalne (grafit w postaci kuleczek),
- żeliwo wermikularne (grafit w postaci pośredniej do powyższych – robaczkowy),
- żeliwo białe (węgiel w postaci cementytu),
- żeliwo pstre (węgiel w postaci grafitu i cementytu),
- żeliwo ciągliwe (po długotrwałym wyżarzaniu żeliwa białego cementyt uległ rozkładowi na ferryt i grafit).

Żeliwa Meehanite – są grupą żeliw modyfikowanych z dwustopniową modyfikacją, wytwarzanych według opatentowanej technologii z określonego wsadu w wielostopniowym procesie hutniczo–odlewniczym.

Żeliwa te stosowane są również na korpusy nowej generacji obrabiarek. Charakteryzuje się wysoką sztywnością, stabilnością i tłumieniem drgań.

6.4. Metale kolorowe i ich stopy

Aluminium i jego stopy

Aluminium cechuje się wysoką plastycznością, stosunkowo niską wytrzymałością oraz dobrą przewodnością

cieplną. Temperatura topnienia ok. 660°C. Jest metalem lekkim o gęstości 2.7 Mg/m³, odpornym na działanie wody oraz wielu kwasów organicznych. Nie jest odporne na działanie wodorotlenków, kwasów beztlenowych, wody morskiej. Aluminium dobrze przerabia się plastycznie.

W przemyśle najczęściej, aluminium stosuje się w postaci stopów, które mają dużo wyższą wytrzymałość niż czysty metal. Cechują się one korzystnym stosunkiem wytrzymałości do ciężaru właściwego, większym niż dla stali. W niskich temperaturach udarność mają większą niż stal.

Są szeroko stosowane w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, gospodarstwa domowego, maszynowym.

Stopy aluminium wytwarza się w dwóch rodzajach, jako:

- odlewnicze wg normy PN–EN 1706 oraz 1676,
- do obróbki plastycznej wg normy PN–EN 573–3.

Głównymi dodatkami w stopach aluminium są: krzem, magnez, miedź, mangan.

Niektóre stopy Al można obrabiać cieplnie przez utwardzanie wydzielinowe polepszając tą obróbką ich własności wytrzymałościowe. Stopy Al są dobrze obrabialne skrawaniem.

Miedź i jej stopy

Miedź jest metalem o gęstości – 8,96 Mg/m³, temperaturze topnienia –1080°C. Ma bardzo dobrą przewodność cieplną i elektryczną oraz wysoką odporność na korozję.

Stopy miedzi można podzielić na trzy grupy:

- Mosiądze, w których głównym składnikiem stopowym jest cynk – Zn.

Mosiądze dzielą się na odlewnicze i do obróbki plastycznej.

- Brązy, w których dodatkami stopowymi mogą być: cyna– Sn, aluminium – Al., krzem – Si., beryl – Be, kobalt – Co, ołów– Pb.

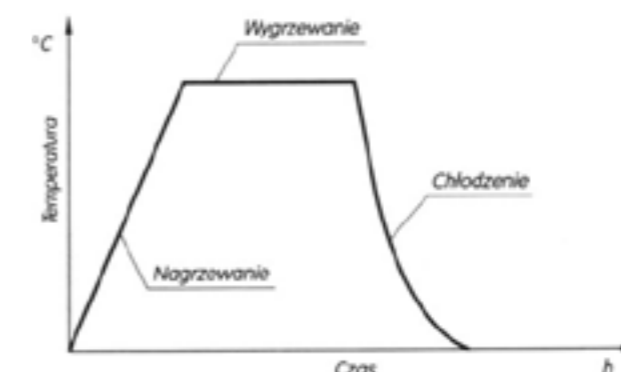
Najczęściej stosowanymi są brązy odlewnicze ale również występują brązy do obróbki plastycznej.

- Miedzionikle są stopami miedzi, zawierającymi 2 – 45%Ni.

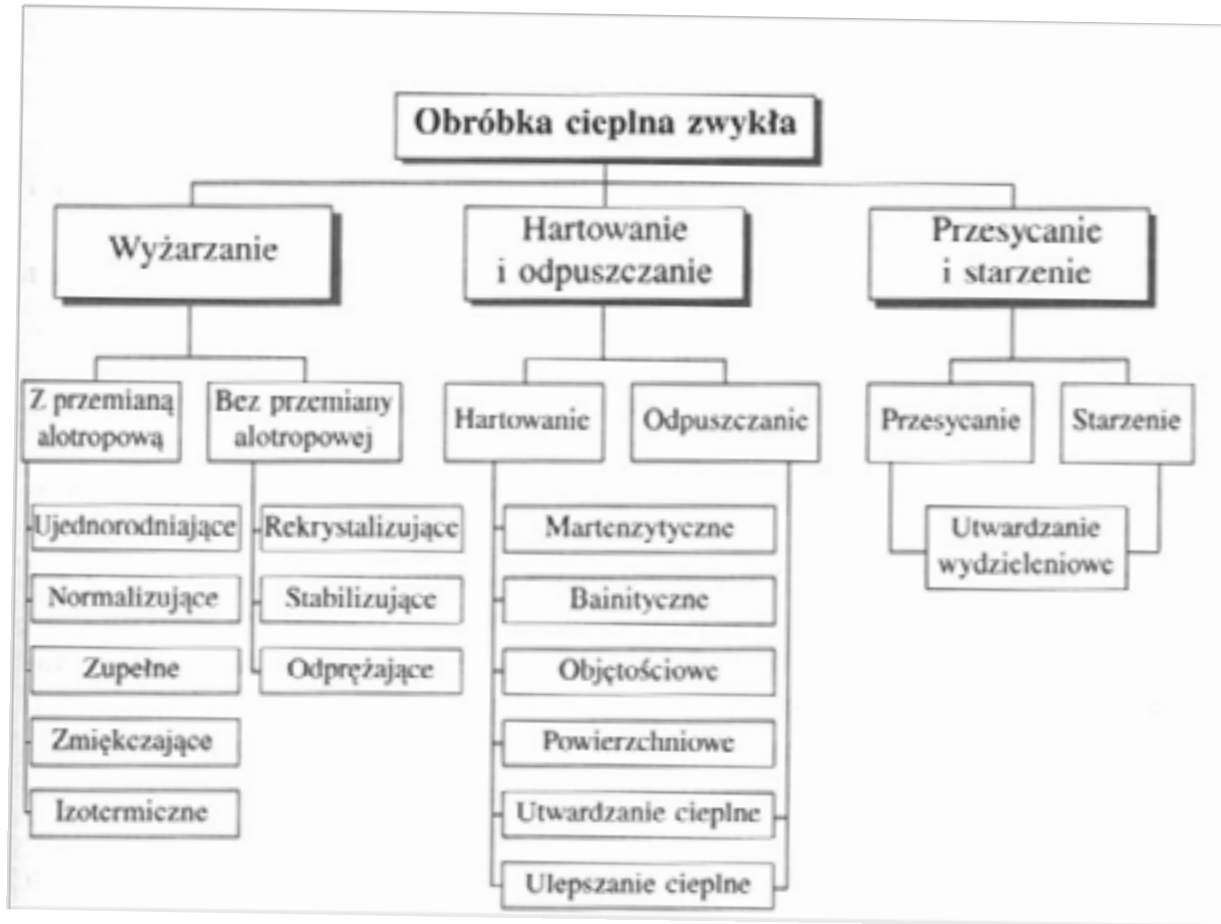
Są to stopy do przeróbki plastycznej o dobrych właściwościach antykorozyjnych.

Główne zastosowanie w produkcji armatury, urządzeń klimatyzacyjnych, przemyśle okrętowym.

7. Obróbki cieplne i cieplno–chemiczne

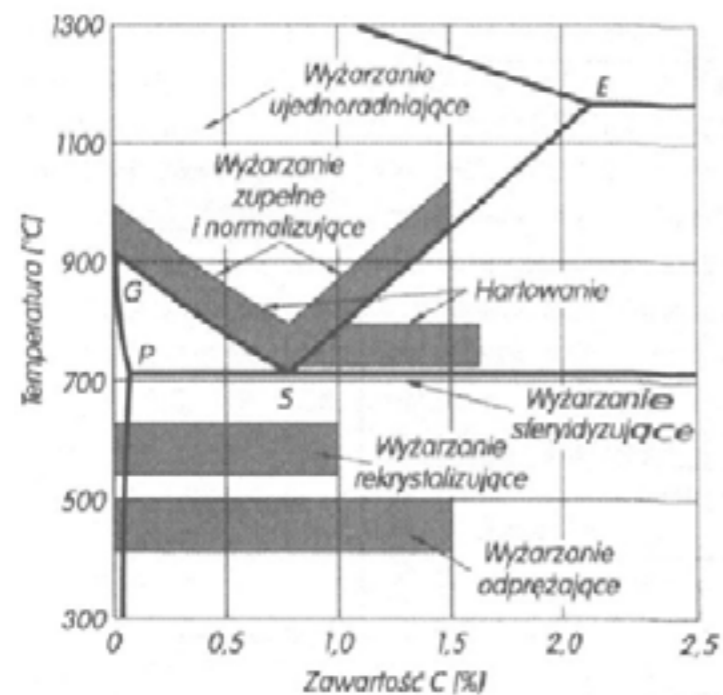


Rys. 7.1 Podstawowe zabiegi obróbki cieplnej

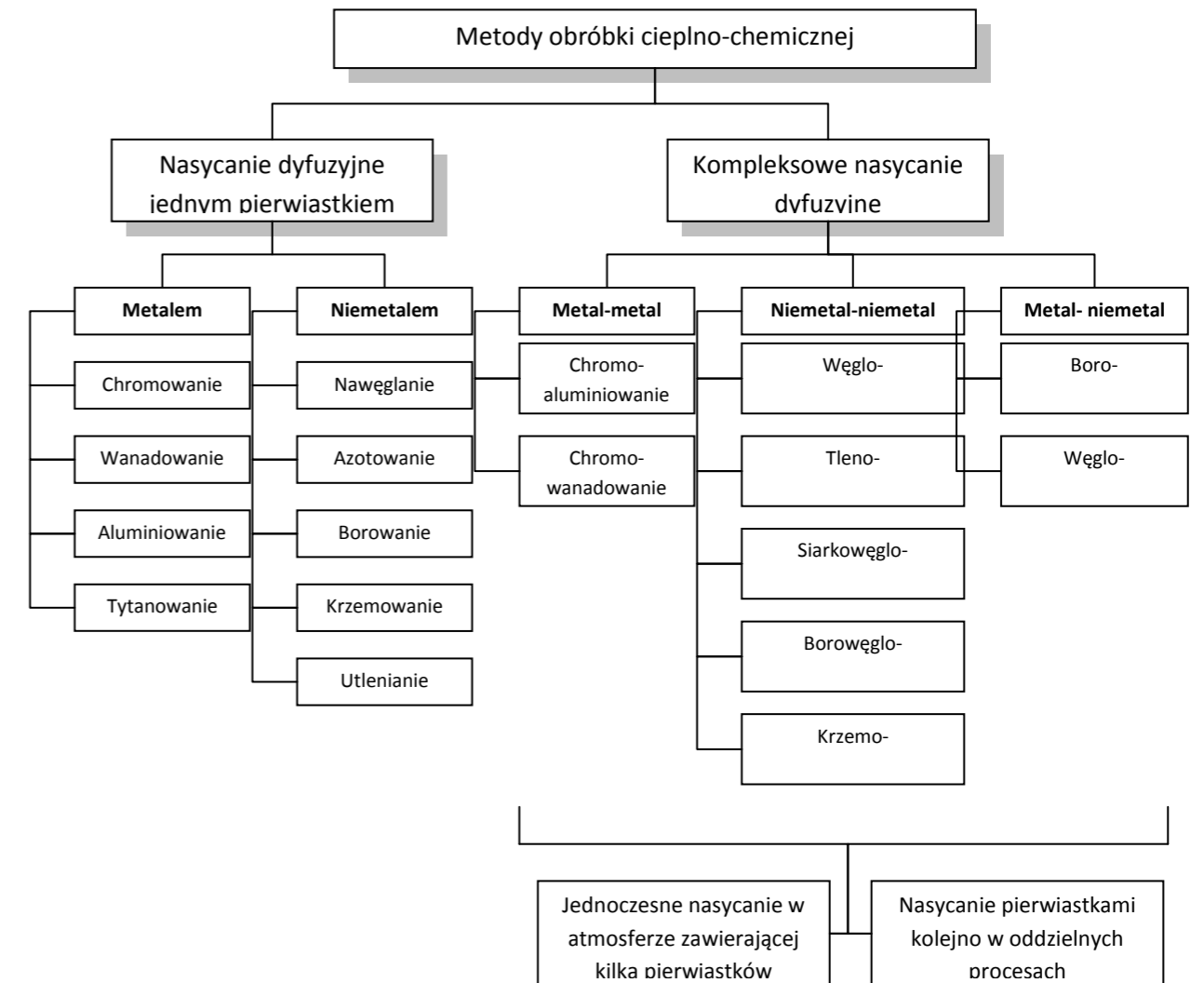


Rys. 7.2. Rodzaje obróbek cieplnych

1



2



Rys. 7.3 (1, 2) Rodzaje obróbek cieplno-chemicznych

8. Obróbki powierzchniowe

Powłoki ochronne mają na celu ochronę powierzchni elementów przed oddziaływaniem środowiska pracy, poprawę oraz utrzymanie w czasie estetycznego wyglądu a także poprawę właściwości użytkowych.

Powłoki dzielimy na:

- metaliczne i niemetaliczne,
- nakładane w procesach galwanotechnicznych i chemicznych,
- nakładane w procesach malowania,
- nakładane w procesach tzw. ogniowych, – cynkowanie.

Do najbardziej powszechnych metalicznych, nakładanych w procesach galwanicznych należą:

- cynkowanie z różnymi rodzajami pasywacji, cynowanie, srebrzenie, złocenie, miedziowanie, niklowanie, chromowanie, kadmowanie. W procesach chemicznych – niklowanie.

Niemetalicznych, nakładanych w procesach chemicznych i elektrochemicznych należą:

- czernienie (oksydowanie), fosforanowanie, chromianowanie, anodowanie.

Nazywa się je również powłokami konwersyjnymi.

9. Proces technologiczny

9.1. Stałe elementy procesu

O>U>P>N

- Obrabiarka (stanowisko pracy)
- Uchwyt
- Przedmiot
- Narzędzie

Rysunek techniczny, postać i stan materiału z którego ma być wykonany oraz warunki techniczne wykonania są podstawowymi elementami opisu przedmiotu w procesie technologicznym.

9.2. Podstawowe pojęcia

Proces produkcyjny – jest zbiorem wszystkich działań związanych z wytworzeniem gotowego produktu w zakładzie pracy. Produktu zgodnego jakościowo z wcześniej określonymi wymaganiami.

Proces produkcyjny składa się z:

- procesu technologicznego wytwarzania jako procesu podstawowego,
- procesów pomocniczych (techniczne przygotowanie produkcji, magazynowanie, transport międzyoperacyjny, kontrola jakości).

Proces technologiczny zawsze przebiega w określonych warunkach organizacyjnych i technicznych. Warunki te, aby zapewnić najkorzystniejszy przebieg procesu, powinny ustalać ważność i kolejność działań skutkujących możliwie najkrótszym czasem trwania i najniższymi kosztami wytworzenia.

Podstawą do opracowania dokumentacji technologicznej jest dokumentacja konstrukcyjna zdefiniowana wyżej. Niezbędne są również tzw. dane technologiczne, w tym: program produkcyjny, normatywy materiałowe, normatywy robocizny oraz dane o środkach produkcji zakładu.

Opracowaniem procesów technologicznych zajmują się technolodzy w ramach technicznego przygotowania produkcji.

Podczas realizacji procesu technologicznego następuje zmiana kształtu, wymiarów, własności fizycznych i chemicznych, jakości powierzchni, jeżeli jest to proces obróbczy bądź następuje łączenie części, jeżeli jest to proces montażowy.

Podstawowym elementem procesu technologicznego jest operacja.

Operacja – obejmuje całokształt wszystkich czynności wykonywanych bez przerwy na jednym stanowisku pracy, przez jednego pracownika (lub grupę), na określonym przedmiocie (lub grupie przedmiotów).

Wyróżniamy trzy cechy operacji:

- niezmiennosc przedmiotu obrabianego,
- niezmiennosc stanowiska roboczego,
- niezmiennosc wykonawcy.

Operacja może być wykonywana w jednym w lub kilku zamocowaniach.

Zamocowanie – to przyłożenie sił i momentów sił do przedmiotu obrabianego

w celu zapewnienia stałości jego położenia podczas wykonywania operacji technologicznej. Operacja może być wykonywana w jednej lub kilku pozycjach.

Pozycja – to określone położenie przedmiotu ustalonego i zamocowanego

w uchwycie podziałowym lub na stole podziałowym względem narzędzia, przy jednym zamocowaniu.

Zabieg – stanowi zamkniętą część operacji, przy której następuje zmiana wymiaru, kształtu, chropowatości, właściwości fizycznych lub stanu fizycznego określonego elementu, przy stałych parametrach obróbki, charakterystycznych dla danej obróbki.

Cechami zabiegu są:

- niezmiennosc powierzchni obrabianej,
- niezmiennosc narzędzia skrawającego,
- niezmiennosc parametrów skrawania.

Zabiegi mogą być: proste i złożone.

Prosty odnosi się do wykonania jednej powierzchni jednym narzędziem, przy stałych parametrach skrawania. Złożony – do obróbki kilku powierzchni jednym narzędziem lub kilku powierzchni kilkoma narzędziami (obrabianka wielonożowa).

Zabiegi z kolei dzielimy na: *przejścia* (zdjęcie jednej warstwy materiału), *czynności* (np. zamocowanie), *ruchy elementarne* (odsunięcie narzędzia, uruchomienie obrabiarki).

Proces technologiczny wykonania przedmiotu przebiega w etapach (a więc nie ma charakteru ciągłego), każda operacja (lub ciąg operacji) przybliża ten przedmiot do jego ostatecznych wymaganych kształtów i własności. W każdym procesie technologicznym istnieje pewien ściśle określony porządek wewnętrzny, zwany strukturą procesu.

W praktyce strukturę procesu technologicznego przedstawia się w postaci planów operacyjnych. Pod tym pojęciem należy rozumieć uszeregowanie operacji według ustalonej kolejności. Istnieją dwie metody opracowania planów operacyjnych: **koncentracji** (tj. łączenia operacji), **różnicowania** (tj. dzielenia operacji). Koncentracja polega na obróbce przedmiotów na niewielkiej liczbie obrabiarek, z tym, że na każdej obrabia się kilka lub kilkanaście powierzchni. Zachodzi więc tu łączenie kilku (a nawet czasem kilkunastu) prostych operacji w jedną operację wielozabiegową. Rozróżniamy trzy odmiany koncentracji: technologiczną; mechaniczną; organizacyjną.

Koncentracja technologiczna polega na jednoczesnej obróbce kilku powierzchni kilkoma narzędziami. Odmiana ta umożliwia skrócenie czasu głównego (całkowity czas główny równy jest czasowi najdłuższego zabiegu), wymaga jednak stosowania takich obrabiarek jak automaty lub półautomaty, wiertarki wielowrzecionowe, frezarki wielowrzecionowe itp. lub specjalnych narzędzi zespołowych, albo jednych i drugich.

Koncentracja mechaniczna polega na zastosowaniu specjalnych uchwytów i przyrządów, które ograniczają liczbę zamocowań przedmiotu i narzędzi przy wykonywaniu poszczególnych zabiegów. Odmiana ta umożliwia skrócenie czasów pomocniczych i wymaga przyrządów i urządzeń mechanizujących lub auto-matyzujących czynności pomocnicze (przyrządy i uchwyty wielopozycyjne, głowice rewolwerowe, imaki wielonożowe itp.).

Koncentracja organizacyjna ma na celu uproszczenie prac związanych z organizacją planowaniem produkcji, przy czym sam proces nie ulega zmianie. Przykładem takiej koncentracji może być wykonywanie przedmiotu „na gotowo” na jednym stanowisku (tj. łączenie obróbki zgrubnej i kształtującej, a czasem nawet wykańczającej) odnosi to się szczególnie do maszyn CNC. Koncentracja operacji jest stosowana we wszystkich rodzajach produkcji. Zakres stosowania koncentracji operacji w produkcji seryjnej i masowej upowszechnił się z chwilą wprowadzenia obrabiarek CNC. Łatwość przebrojenia, elastyczność tych obrabiarek spowodował, że koncentracja operacji może być opłacalna przy zmianach konstrukcji wyrobu lub przy dużych wahaniami wielkości produkcji.

Różnicowanie operacji polega na obróbce przedmiotu na dużej liczbie obrabiarek, przy czym na każdej

z nich jest obrabiana jedna lub najwyżej dwie do trzech powierzchni. W tym przypadku mamy rozbitcie operacji złożonej na proste, jednozabiegowe lub co najwyżej kilkuzabiegowe. W wyniku dzielenia operacji uzyskujemy proces technologiczny bardziej prosty. Pozwala to na użycie obrabiarek ogólnego przeznaczenia o nieskomplikowanej budowie, a więc i tanich. Dalszą zaletą tej metody jest możliwość podziału lub rozszerzenia produkcji na inne zakłady, co ma specjalne znaczenie w kooperacji. Do wad tej metody należy konieczność użycia o wiele większej powierzchni hal fabrycznych, niż to ma miejsce przy koncentracji operacji. O ile przy koncentracji operacji stawiane są dość wysokie wymagania każdemu stanowisku, co osiąga się przez automatyzację lub komputeryzację czy dobór pracowników o wysokich kwalifikacjach, to przy różnicowaniu operacji takich wymagań nie ma.

Przy opracowaniu struktury procesu technologicznego należy zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt tego zagadnienia. Otóż każdy etap powinien kończyć się przygotowaniem baz obróbkowych, które będą wykorzystywane w następnym etapie.

Ma to szczególne znaczenie przy przechodzeniu z obróbki kształtującej do wykańczającej, zwłaszcza przy wykonywaniu dokładnych części.

Z innych czynników, które mogą mieć wpływ na strukturę procesu technologicznego należy przede wszystkim wymienić operacje obróbki cieplnej. Operacje te przeplatają się z operacjami obróbki skrawaniem i plastycznej oraz zależnie od rodzaju i charakteru mogą występować w różnych miejscach procesu technologicznego.

Tak na przykład wyżarzanie odprężające przeprowadza się na początku, po obróbce zgrubnej lub przed obróbką.

Nawęglanie i hartowanie — po obróbce kształtującej, a nawet po całkowitej obróbce przedmiotu.

Dokładność wymiarową kształtu i powierzchni przedmiotów hartowanych uzyskuje się zasadniczo za pomocą szlifowania i docierania, natomiast przedmioty cyjanowane, azotowane — tylko za pomocą docierania. Rodzaj hartowania może mieć również wpływ na przebieg procesu technologicznego, a więc i na jego strukturę. Hartowanie zwykle powoduje większe odkształcenia niż hartowanie powierzchniowe. Liczba operacji obróbkowych występujących po obróbce cieplnej może być inna, jak również może być odmienna ich kolejność.

Szczególne wpływy na strukturę planu operacyjnego może wywierać nawęglanie przedmiotów w tych przypadkach, gdy niektóre powierzchnie mają być nieutwardzone. W celu ochrony tych powierzchni przed utwardzeniem stosuje się różne sposoby pokrywania tych powierzchni, np. miedzią lub specjalnymi pastami. Można też warstwę nawęgloną usunąć przed hartowaniem za pomocą skrawania. Wszystkie te zabezpieczenia wymagają wprowadzenia do planu dodatkowych operacji przed i po nawęglaniu.

Oprócz operacji głównych, w planie operacyjnym należy umieścić tzw. operacje pomocnicze. Przykładowo do takich operacji należy zaliczyć usuwanie zadziorów, prostowanie, mycie (np. przed kontrolą) bądź znakowanie elementów wspólnie obrabianych itp. Zadaniem tych operacji, w przeciwieństwie do operacji głównych, nie jest ani zmiana kształtu czy wymiaru, ani własności fizycznych. Niemniej operacje te są niezbędne z uwagi na zjawiska towarzyszące operacjom głównym bądź też ze względu na ułatwienie ich wykonania.

Umiejscowienie operacji pomocniczych zależy od procesu technologicznego. Niektóre z nich, jak na przykład usuwanie zadziorów, bądź stępienie ostrych krawędzi, mogą występować w planie operacji kilka razy (np. w celu zapobieżenia ewentualnym skaleczeniom robotnika). Inne natomiast występują raz (bądź też wcale) w zależności od potrzeb, przy czym umiejscowienie ich zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od zadań jakie mają spełniać.

9.3. Projektowanie procesu technologicznego

Rysunki konstrukcyjne stanowią podstawowy materiał do opracowania procesu produkcyjnego.

Dokładna analiza tych rysunków z punktu widzenia poprawności ich wykonania oraz technologiczności konstrukcji jest podstawowym zadaniem technologa. Analiza ta powinna być wykonana przed przystąpieniem do szczegółowego opracowania procesu technologicznego, aby ewentualnie zmiany mogły być uzgodnione z konstruktorem.

Na podstawie analizy rysunków części technolog określa konieczność wykonania niezbędnych do obróbki narzędzi specjalnych (nie znormalizowanych), przyrządów do mocowania oraz sporządzenia rysunków surówek.

Warunki techniczne obejmują wszystkie wymagania jakościowe, stawiane zarówno całej maszynie, jak jej podzespołom oraz poszczególnym częściom. W warunkach technicznych wykonania części podaje się: wymagania dotyczące materiału, np. rodzaj, skład chemiczny, stan wyjściowy, twardość, wytrzymałość, obróbka cieplna lub specjalna itp., wymagania określające stopień dokładności wymiarowej, kształtu i powierzchni (wysokość chropowatości, nośność powierzchni, stan warstwy wierzchniej); — inne wymagania nie przedstawione bezpośrednio na rysunku (np. prostoliniowość, wygląd zewnętrzny, dopuszczalny ciężar itp.

Praca technologa przebiega w sposób następujący:

Analiza cech konstrukcyjnych:

- analiza wymiarowa,
- analiza tolerancji i pasowań,
- analiza łańcucha wymiarowego.

Analiza cech technologicznych:

- analiza technologiczności konstrukcji,
- normalizacja i unifikacja części,
- wybór materiału wyjściowego, surówek, odlewów, odkuwek, prętów, kształtowników,
- wpływ zmian konstrukcyjnych na koszt i metodę wykonania.

Dane o organizacji produkcji:

- wielkość programu produkcyjnego, wielkość serii,
- układ stanowisk pracy,
- stan techniczny i rodzaj posiadanego parku maszyn,
- kwalifikacje pracowników,
- kooperacja,
- dostawcy materiałów i komponentów.

Zakres opracowania procesu technologicznego może być różny to znaczy, że niektóre z wymienionych prac mogą być wykonane mniej lub bardziej szczegółowo, to jednak w każdym z przypadków muszą być wykonane z uwzględnieniem powyższej kolejności. Przestrzeganie tej zasady jest jednym z tych czynników, od którego zależy wartość każdego procesu technologicznego.

Proces technologiczny opracowuje się metodą stopniowego precyzowania. Wynika z to tego, w że miarę wykonywania poszczególnych prac, a więc i poznawania poszczególnych czynników mających wpływ na proces, plan ostateczny może być inny niż wstępny. Po ustaleniu wstępnego planu i określeniu baz mamy określoną kolejność obróbki powierzchni głównych, od nich bowiem rozpoczyna się obróbkę. Następnie po uzupełnieniu planu specjalnymi operacjami — decydującymi o dokładności przedmiotu oraz operacjami dotyczącymi mniej ważnych powierzchni, przystępuje się do określenia i wyboru środków produkcji. Przy każdej z wymienionych czynności może wystąpić konieczność skorygowania ustalonej wstępnie kolejności operacji. Bardzo ważnym etapem opracowania procesu technologicznego jest jego analiza ekonomiczna. Mimo, że przy wykonywaniu poszczególnych prac bierze się pod uwagę oszczędność projektowanego procesu, to jednak na końcu, kiedy są już znane wszystkie szczegóły, niezbędne jest zbadanie, czy nie ma możliwości wykonania nie mniej dobrego, ale bardziej ekonomicznego procesu.

Najlepszym sprawdzianem jest wykonanie kilku wariantów procesów technologicznych i obliczenie dla każdego z nich kosztów własnych. Dopiero po takiej analizie, gdy zostanie wybrany dla danych warunków najbardziej ekonomiczny proces, można ustalić ostateczny plan obróbki i opracować dokumentację technologiczną.

Dla procesów wykonywanych w zaawansowanych technikach CNC, pomocną w optymalizacji może być symulacja procesu.

9.4. Dokumentacja technologiczna

Załącznik nr 2 zawiera wykaz Polskich Norm dotyczących dokumentacji technicznej wyrobu są wśród nich normy opisujące szczegóły dokumentacji technologicznej. Najważniejsze z nich podano poniżej:

PN-M-01152:1983 Dokumentacja technologiczna – Oznaczenia;

PN-M-01165:1987 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Zakres informacji;

PN-M-01166:1990 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01167:1991 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Wykazy elementów wyrobu – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01171:1991 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Karta instrukcyjna obróbki skrawaniem – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01172:1990 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Dokumenty technicznego normowania czasu pracy – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01173:1992 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Karta normowania zużycia materiału – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01174:1991 Dokumentacja techniczna – Dokumenty zmian technicznych – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy;

PN-M-01179:1991 Dokumentacja technologiczno–produkcyjna – Oznaczenia informacji w komputerowych bazach danych.

Dokumentacja technologiczna zawiera wszystkie niezbędne dane do prawidłowego przebiegu procesu technologicznego. Zakres dokumentacji i jej szczegółowość zależy od charakteru wyrobu, kwalifikacji załogi i wielkości produkcji (przede wszystkim).

Karta technologiczna

FJ.4220550-02 A4524318371					
P-02-F10 Wersja 2		Nr. rysunku: FJ.4220550-02 A	Zlecenie: 4524318371		
Formularz czynności warsztatowych		Gatunek: RS037-2	Nazwa: Verstellchlitte		
		Oznaczenie materiału: 60x40 ; 40x6 ; 40x20	Termin realizacji: 4.3.10		
		Długość cięcia: 87 ; 277 ; 18	Ilość sztuk: 10		
Lp.	OPIS OPERACJI	CZAS WYKONANIA	WYTYCZNA K.J. (godziny)	ILOŚĆ SZTUK SPRAWDZONYCH	
1	TECHNOLOGIA ZEROWA	0:			
KOD AWARYJNY PRZERYWAJĄCY OPERACJĘ W DOWOLNYM CZASIE					
FJ.4220550-02 A4524318371					
UWAGA: Nakazuje się podczas pracy, zachowywać wszelkie środki ostrożności. Pracować zgodnie z przepisami BHP wyszczególnionymi w instrukcjach stanowiska pracy.					
TABELA 1: Technologia.					
Lp.	Operacja	Komentarz	Kod operacji	Czas operacji	Czas ustawienia maszyny
1	Materiał podstawowy	P160x40w, St3s, L17	MP		
2	Cięcie	1,87	C	1,5	5
3	Frezowanie CNC	Frezować na gotowo, wierceć otwory	Fc	22	60
4	Frezowanie konwencjonalne	wierceć i gwintować otwory	Fk	4	20
5	Frezowanie konwencjonalne	Frezować wycięcie	Fk	0,5	15
6	Kontrola Jakości		KJ	0,5	0
7	Materiał podstawowy	P140x6c, St3s, L277	MP		
8	Cięcie	1,277	C	0,4	5
9	Obróbka ręczna	Prostować	O	3	5
10	Materiał podstawowy	P140x20c, St3s, L18	MP		
11	Cięcie	1,18	C	0,6	5
12	Frezowanie konwencjonalne	Frezować gabaryt i skosy pod spaw	Fk	4	15
13	Spawanie		X	5	20
14	Obróbka ręczna	Prostować	O	3	5
15	Frezowanie CNC	Frezować wybranie (głowicą 16 lub 20 na gotowo) i gabaryt	Fc	3	60
16	Obróbka ręczna	prostować	O	5	5
17	Frezowanie konwencjonalne	wierceć i gwintować TR14x4	Fk	5	20
18	Obróbka ręczna	gratować	O	1	0

Źródło: Materiały JAZON Sp. z o.o.

W praktyce stosuje się:

- Normy technicznie uzasadnione – ustalane na podstawie obliczeń z parametrów obróbki, na podstawie symulacji procesów wykorzystując oprogramowanie obróbcze oraz badań i analiz warunków wykonania na określonym stanowisku pracy.
- Normy doświadczalnie – statystyczne – ustalane na podstawie czasochłonności podobnych czynności i zabiegów wykonywanych dotychczas oraz przez szacowanie z doświadczenia osób zajmujących się normowaniem czasu pracy.

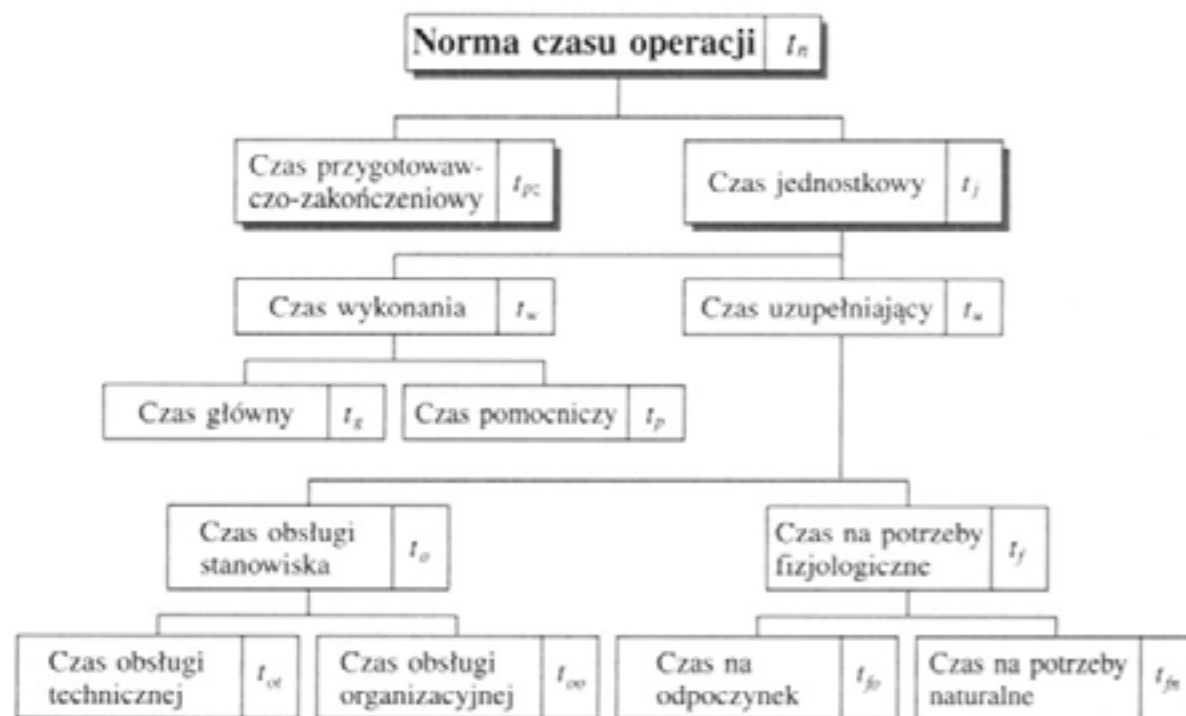
Normowanie czasu pracy jest realizowane w sposób otwarty. Znaczący to, że na podstawie pierwszych wykonań i pomiaru czasu rzeczywistego normy czasu mogą być zmieniane w trakcie produkcji.

Ponadto zawsze powinny być one optymalizowane w celu utrzymania lub obniżenia kosztów produkcji.

Pomocnicze techniki normowania czasu pracy:

- chronometraż;
- obserwacje migawkowe;
- fotografia dnia roboczego;
- analiza ruchów elementarnych.

Struktura normy czasu na operację:



$$t_n = t_{pz} / n + t_j,$$

$$t_j = t_w + t_u,$$

$$t_w = t_g + t_p.$$

Funkcje, którym służy normowanie czasu pracy:

- ustalenie kosztów wykonania wyrobu,

- organizacji procesów wytwarzania,
- określaniu wynagrodzenia oraz poziomu płac,
- określaniu wielkości zatrudnienia,
- planowaniu zakupów środków pracy,
- planowaniu rozwoju przedsiębiorstwa.

10. Nowoczesne techniki wspomagające tworzenie dokumentacji

10.1. Projektowanie komputerowe – przykład Solid Edge

Zaletą tego oprogramowania jest możliwość archiwizowania i przesyłania drogą elektroniczną rysunków w układzie 2D i 3D a następnie przetwarzania. Podstawowym elementem projektowania jest rysunek części u układzie 3D – bryła. Rysunek części 3D wykorzystywany jest do tworzenia zespołów w układzie 3D. Rysunek części 3D wykorzystywany jest do:

- wykonania rysunku detalu w układzie 2D,
- projektowania uchwytu obróbkowego,
- tworzenia programu obróbki na obrabiarkach CNC,
- pomiarów detalu na maszynach pomiarowych.

Podstawowe funkcje przy tworzeniu rysunku w układzie 3D

- wyciągnięcie figury płaskiej 2D na żądany wymiar,
- wyciągnięcie figury płaskiej ze wskazaniem osi obrotu – uzyskujemy bryłę obrotową,
- tworzenie wycięć w uprzednio wykonanej bryle – również w bryle obrotowej,
- wykonywanie otworów: prostych, z pogłębieniem, gwintowanych,
- wykonywanie: fazek, promieni oraz operacje cykliczne np. wiele otworów.

Podstawowe funkcje przy tworzeniu zespołu w układzie 3D

Łączenie detali wykonujemy przez następujące zależności łączonych elementów:

- przyleganie płaszczyzn,
- wyrównanie płaszczyzn,
- współosiowość elementów,
- równoległość powierzchni.

Podstawowe funkcje przy tworzeniu rysunku detalu i zespołu w układzie 2D

- tworzenie widoków głównych i pomocniczych,

- tworzenie przekrojów,
- tworzenie widoków szczegółowych,
- tworzenie osi symetrii,
- wymiarowanie,
- opisywanie rysunku oraz tabeli rysunkowej.

10.2. Tworzenie programów na CNC

Tworzenie komputerowe programów na CNC na przykładzie programu Mastercam. Ideą tego programu jest wyeliminowanie konieczności ręcznego pisania programu. Program Mastercam wymaga zainstalowanie procesorów dotyczących wybranej obrabiarki. Program Mastercam posiada zainstalowane „ścieżki” poszczególnych rodzajów obróbki:

- frezowanie konturowe,
- frezowanie „kieszeni”,
- planowanie,
- wiercenie (gwintowanie, wytaczanie, rozwiercanie).

Projektowanie programu na CNC polegać będzie na:

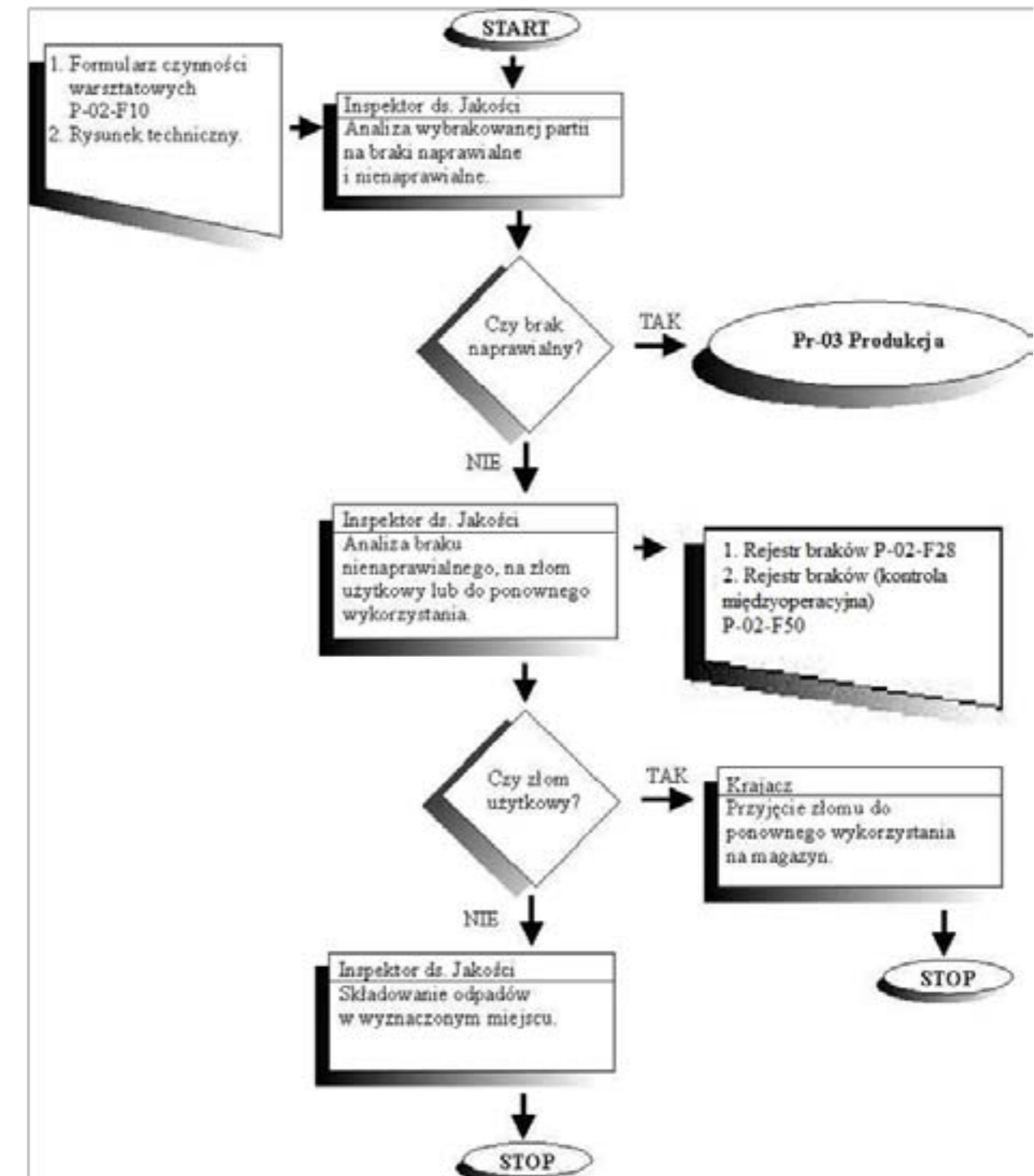
- wskazaniu na przedmiocie w układzie 3D:
 - punktów zerowych układów współrzędnych,
 - krawędzi obrabianych powierzchni,
 - osi wykonywanych otworów,
- wypełnieniu tabel dotyczących poszczególnych „ścieżek” (zabiegów) w arkuszu Mastercam:
 - wskazanie narzędzia,
 - wpisanie dobiegu, ruchu roboczego i wybiegu (wycofania) narzędzia,
 - wpisanie obrotów i posuwu roboczego i szybkiego,
- określeniu ewentualnych przeszkód na drodze narzędzia (wystające elementy detalu lub elementy mocowania,
- sprawdzeniu poprawności ruchów wykorzystując funkcję graficzną – „droga narzędzia”,
- odczytaniu z programu: czas ruchu roboczego i szybkiego,
- wygenerowaniu programu.

11. Kontrola jakości

Kontrola jakości obejmuje swym zakresem cały proces produkcji począwszy od kontroli dostaw materiału przez kontrolę zgodności wykonania z rysunkami i warunkami technicznymi do kontroli poprawności pracy i potwierdzenia założonych parametrów urządzenia. Najczęściej procesy kontroli są opisane w procedurach zgodnie z normą ISO 9001, 9002.

Przykłady zapisu procedury:

Nadzór nad wyrobem niezgodnym

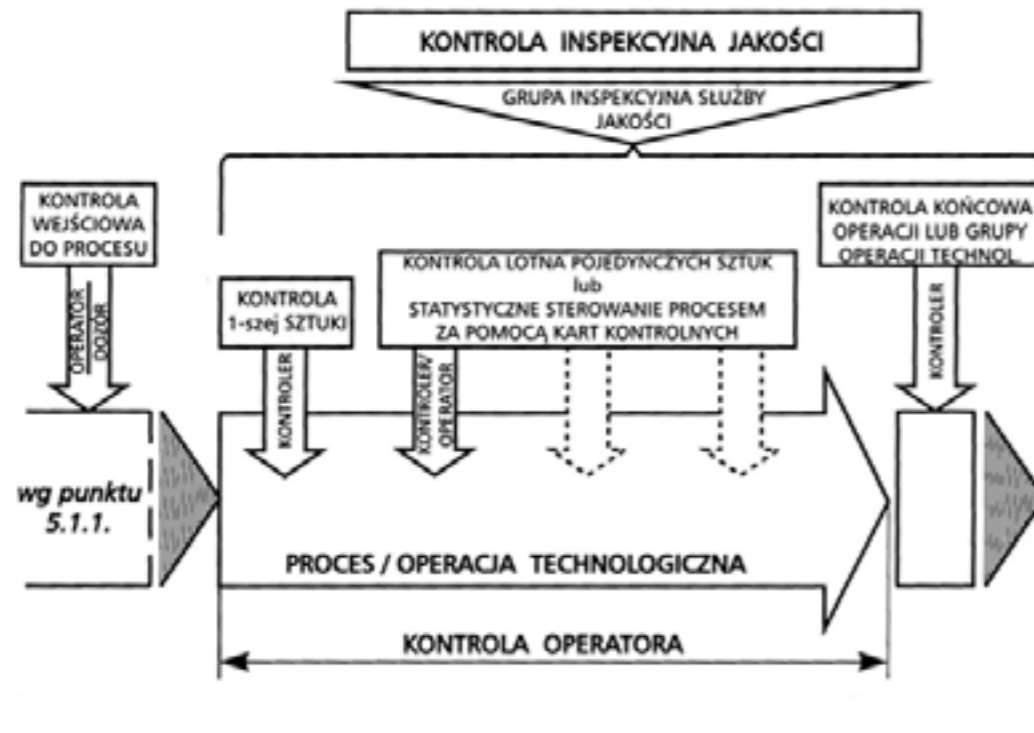


Rodzaje kontroli stosowane w procesach produkcyjnych;

- Kontrola wejściowa – jest to grupa czynności wstępnych zapewniających warunki uzyskania jakości wyrobu finalnego wcześniej określonej. Dotyczy onagospodarki magazynowej – identyfikowalności materiałów i komponentów, poziomu jakości środków produkcji, jednolitości miar oraz rodzajów i jakości narzędzi pomiarowych, narzędzi obróbczych i przyrządów, ocena zgodności procesów technologicznych z wymaganiami jakościowymi.
- Kontrola bieżąca jakości procesów wytwarzania – jest zbiorem metod kontrolnych mających na celu utrzymanie powtarzalności oraz zgodności wykonania z określonymi parametrami.

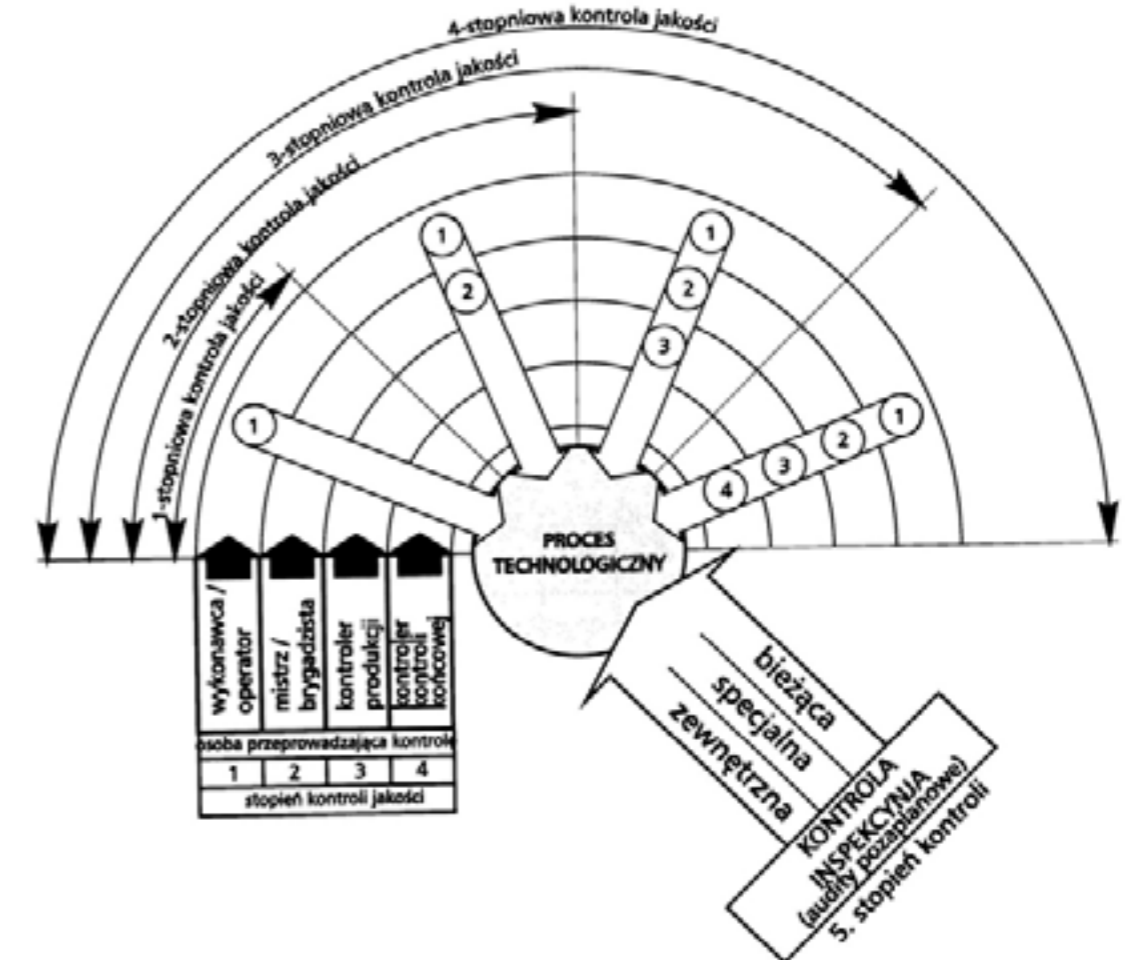
Najczęściej stosuje się następujące etapy kontroli:

- kontrola pierwszej sztuki jako forma zapobiegawcza, potwierdzająca poprawność rozpoczętego procesu i zgodność z wymaganiami.
- bieżąca kontrola operatora,
- kontrola inspekcyjna – forma kontroli nadzorczej wykonywana przez dozór techniczny produkcji (kierownika, mistrza) lub kontrolera jakości.



Rys. 11.1 Model kontroli zabezpieczający jakość wykonania operacji technologicznej według dr inż. B. Czyżewski

Model wielostopniowej kontroli jakości.



Rys. 11.2 Model wielostopniowej kontroli jakości realizacji procesu technologicznego wg dr inż. B. Czyżewski

Kontrola i badanie gotowego wyrobu – podstawowe dokumenty:

- Protokoły pomiarów i badań.
- Ocena zgodności.
- Deklaracja zgodności WE.

DEKLARACJA ZGODNOŚCI WE¹

Producent JAZON Sp. zo.o.
15-167 BIAŁYSTOK
ul. WYSOCKIEGO 164A

Produkt FREZARKA UNIWERSALNA
Typ: JFN-25B
Model: X6325B
Nr: 112219

Opisany wyżej wyrób spełnia wymagania, które określa:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U.Nr 199, poz. 1228) czyli spełnia wymagania stawiane przez dyrektywę Unii Europejskiej – (2006/42/WE) Bezpieczeństwo maszyn.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 21 sierpnia 2007r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz.U.Nr 155, poz. 1089) przenoszące wymagania stawiane przez dyrektywę Unii Europejskiej – (2006/95/WE) Urządzenia elektryczne niskonapięciowe.
- Ustawa z 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. U. z 2007 r. nr 82 poz. 556) przenosząca wymagania stawiane przez dyrektywę Unii Europejskiej – (2004/108/WE).

Zastosowano następujące normy zharmonizowane z dyrektywami nowego podejścia Unii Europejskiej:

PN-EN ISO 12100 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka,
PN-EN 13128 Bezpieczeństwo obrabiarek. Frezarki (i wytaczarki),
PN-EN 60204-1 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: wymagania ogólne.

Producent działa pod nadzorem systemu zarządzania zgodnym z normami ISO 9001:2008 oraz OHSAS 18001 w zakresie: projektowanie, produkcja i sprzedaż maszyn i urządzeń, podzespołów i części maszyn.

¹wzór deklaracji zgodności jest zgodny z normą PN-EN ISO/IEC 17050-1

Białystok 9 listopad 2011r.

Jan Zadykowicz

PREZES ZARZĄDU

Literatura

- 1.1 Dobrzański T.: Rysunek techniczny maszynowy. Wydanie 24. WNT. Warszawa 2009.
- 1.2 Feld M.: Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. Wydanie III. WNT. Warszawa 2007.
- 1.3 Karpiński T., Kozłowski M.: Materiały do projektowania procesów technologicznych. Cz. 1. Wzory dokumentacji technologicznej i dane ogólne. Politechnika Koszalińska. Koszalin 2002.
- 1.4 Oczoń K., Ljubimov V.: Rozważania nad istotnością parametrów struktury geometrycznej powierzchni w układzie 3D. Mechanik 3/2008.
- 1.5 Stanisławski M.: Oprogramowanie CAD, CAM, CAE dla inżynierów projektantów branży mechanicznej. Projektowanie i konstrukcje inżynierskie. Lipiec–sierpień 2008.
- 1.6 Zespół autorów pod redakcją L. A. Dobrzańskiego: Leksykon materiałoznawstwa. Verlag Dashofer. Warszawa 2003.
- 1.7 www.bydgoszcz.kataloginorm.pl/.
- 1.8 www.e-invest.pl/.
- 1.9 www.wseiz.pl/pliki/wyklady.
- 1.10 Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z metrologii warsztatowej. Pomiar chropowatości powierzchni. Politechnika Białostocka. Suwałki 2005.
- 1.11. Lewandowski T. Rysunek techniczny dla mechaników. WSIP.
- 1.12. Zawora J. Podstawy technologii maszyn. WSIP.

ZAŁĄCZNIK NR 1

Rysunek techniczny. Zagadnienia ogólne. Wykaz norm [1.7]

- PN-80/N-01612 Rysunek techniczny. Formaty arkuszy.
- PN-83/N-01615 Rysunek techniczny – Wykresy.
- PN-85/H-01550 Dokumentacja technologiczna odlewnicza – Ogólne zasady wykonywania rysunków.
- PN-85/M-01119 Dokumentacja konstrukcyjna. Tabliczki rysunkowe.
- PN-86/N-01603 Rysunek techniczny – Składanie formatów arkuszy.
- PN-89/H-01570 Dokumentacja technologiczna odlewnicza – Zasady wykonywania rysunków dla odlewów z form piaskowych.
- PN-89/N-01605 Rysunek techniczny – Wykonywanie rysunków – Terminologia.
- PN-90/N-01611 Rysunek techniczny – Wykonywanie dokumentów – Terminologia.
- PN-91/N-01604 Rysunek techniczny – Widoki, przekroje, kłady.
- PN-EN 61346-1:2002 Systemy przemysłowe, instalacje i urządzenia oraz Wyroby przemysłowe – Zasady strukturyzacji i oznaczenia referencyjne – Część 1: Reguły podstawowe.
- PN-EN 61346-2:2002 Systemy przemysłowe, instalacje i urządzenia oraz Wyroby przemysłowe – Zasady strukturyzacji i oznaczenia referencyjne – Część 2: Klasyfikacja obiektów i klasy kodów.
- PN-EN ISO 10209-2:2001 Dokumentacja techniczna wyrobu – Terminologia Część 2: Terminy dotyczące metod rzutowania.
- PN-EN ISO 128-20:2002 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 20: Wymagania podstawowe dotyczące linii.
- PN-EN ISO 128-21:2002 Rysunek techniczny. Zasady ogólne przedstawiania. Część 21: Linie w systemie CAD.
- PN-EN ISO 128-21:2006 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 21: Linie w systemach CAD.
- PN-EN ISO 3098-0:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 0: Zasady ogólne.
- PN-EN ISO 3098-2:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 2: Alfabet łaciński, cyfry i znaki.
- PN-EN ISO 3098-3:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 3: Alfabet grecki.

- PN-EN ISO 3098-4:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 4: Znaki diakrytyczne i specjalne alfabetu łacińskiego.
- PN-EN ISO 3098-5:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 5: Pismo alfabetu łacińskiego, cyfry i znaki w projektowaniu wspomaganym komputerowo (CAD).
- PN-EN ISO 3098-6:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 6: Alfabet cyrylicki.
- PN-EN ISO 5455:1998 Rysunek techniczny – Podziałki.
- PN-EN ISO 5456-1:2002 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 1: Postanowienia ogólne.
- PN-EN ISO 5456-2:2002 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 2: Przedstawianie prostokątne.
- PN-EN ISO 5456-3:2002 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 3: Przedstawianie aksonometryczne.
- PN-EN ISO 5456-4 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 4: Rzutowanie środkowe.
- PN-EN ISO 5456-4:2002 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 4: Rzutowanie środkowe.
- PN-EN ISO 5456-4:2006 Rysunek techniczny – Metody rzutowania – Część 4: Rzutowanie środkowe.
- PN-EN ISO 5457:2002 Dokumentacja techniczna wyrobu – Wymiary i układ arkuszy rysunkowych.
- PN-EN ISO 6428:2002 Rysunek techniczny – Wymagania dotyczące mikrofilmowania.
- PN-EN ISO 6433:1998 Rysunek techniczny – Oznaczanie części.
- PN-ISO 10209-1:1994 Dokumentacja techniczna wyrobu – Terminologia Terminy dotyczące rysunków technicznych: ogólne i rodzaje rysunków.
- PN-ISO 10578:1994 Rysunek techniczny – Tolerowanie kierunku i położenia – Pole zewnętrzne tolerancji.
- PN-ISO 128-1:2006 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 1: Wprowadzenie i indeks.
- PN-ISO 128-22:2003 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 22: Wymagania podstawowe i zastosowanie linii wskazujących i linii odniesienia.
- PN-ISO 128-30 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 30: Wymagania podstawowe dotyczące rzutów.
- PN-ISO 128-30:2006 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 30: Wymagania podstawowe dotyczące rzutów.
- PN-ISO 128-40:2006 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 40: Wymagania podstawowe dotyczące przekrojów i kładów.
- PN-ISO 128-50 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 50: Wymagania podstawowe dotyczące przedstawiania powierzchni – Na przekrojach i kładach.
- PN-ISO 128-50:2006 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 50: Wymagania podstawowe dotyczące przedstawiania powierzchni na przekrojach i kładach.
- PN-ISO 129/Ak:1996 Rysunek techniczny – Wymiarowanie – Zasady ogólne. Definicje – Metody wykonania i oznaczenia specjalne (Arkusz krajowy).
- PN-ISO 129:1996 Rysunek techniczny – Wymiarowanie – Zasady ogólne – Definicje – Metody wykonania i oznaczenia specjalne.
- PN-ISO 3272-1:1999 Mikrografia. Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów. Techniki działania.
- PN-ISO 3272-1:2005 Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów – Część 1: Techniki działania.
- PN-ISO 3272-2:1999 Mikrografia – Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów — Kryteria i kontrola jakości Mikrofilmów żelatyno-srebrnych 35 mm.
- PN-ISO 3272-3:2004 Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów – Część 3: Karta okienkowa do mikrofilmu 35 mm.
- PN-ISO 3272-4:1999 Mikrografia – Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów – Mikrofilmowanie rysunków o wymiarach specjalnych i nietypowych.
- PN-ISO 3272-5:2001 Mikrografia – Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów.

- PN-ISO 3272-6:2002 Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów – Część 6: Kryteria jakości i kontrola systemów do powiększeń z mikrofilmu 35 mm.
- PN-ISO 406:1993 Rysunek techniczny – Tolerowanie wymiarów liniowych i kątowych.
- PN-ISO 7200:1994 Rysunek techniczny – Tabliczki tytułowe.
- PN-N-01603:1986 Rysunek techniczny – Składanie formatów arkuszy.
- PN-N-01615:1983 Rysunek techniczny – Wykresy.
- PrPN-EN ISO 128-21 Rysunek techniczny. Zasady ogólne przedstawiania – Część 21: Linie w systemie CAD.
- PrPN-EN ISO 5456-4 Rysunek techniczny. Metody rzutowania – Część 4: Rzutowanie środkowe.
- PrPN-ISO 128-1 Rysunek techniczny – Zasady ogólne przedstawiania – Część 1: Wprowadzenie i indeks.
- PrPN-ISO 128-30 Rysunek techniczny. Zasady ogólne przedstawiania – Część 30: Wymagania podstawowe dla rzutowania.
- PrPN-ISO 128-40 Rysunek techniczny. Zasady ogólne przedstawiania – Część 40: Wymagania podstawowe dotyczące przekrojów i kładów.
- PrPN-ISO 128-50 Rysunek techniczny. Zasady ogólne przedstawiania – Część 50: Wymagania podstawowe dotyczące przedstawiania obszarów na przekrojach i kładach.
- PrPN-ISO 3272-1 Mikrofilmowanie rysunków technicznych i innych dokumentów biur projektów – Część 1: Techniki działania.

Katalog opracowany na podstawie informacji z PIN Bydgoszcz.

ZAŁĄCZNIK NR 2

Dokumentacja techniczna wyrobu Wykaz norm.[1.7]

- PKN-CEN/Guide 11:2007 Informacje o wyrobie istotne dla konsumentów – Wytyczne dla opracowujących normy.
- PN-82/M-45026 Technika bezpieczeństwa – Dźwignice – Paszport dźwigów elektrycznych.
- PN-83/M-01152 Dokumentacja technologiczna – Oznaczenia.
- PN-83/M-45482 Technika bezpieczeństwa – Dźwignice – Paszport wciągników elektrycznych.
- PN-85/M-35610 Technika bezpieczeństwa – Kotły parowe i wodne.
- PN-85/M-35611 Technika bezpieczeństwa – Zbiorniki ciśnieniowe.
- PN-87/M-01165 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Zakres informacji.
- PN-90/M-01166 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Wytyczne projektowania formularzy.
- PN-90/M-01172 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty technicznego normowania czasu pracy – Zakres informacji i wytyczne – Projektowania formularzy.
- PN-91/M-01167 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Wykazy elementów wyrobu – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-91/M-01171 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Karta Instrukcyjna obróbki skrawaniem – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-91/M-01174 Dokumentacja techniczna – Dokumenty zmian – Technicznych. Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-91/M-01179 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Oznaczenia Informacji w komputerowych bazach danych.
- PN-91/N-01636 Dokumentacja techniczna – Sposoby nanoszenia zmian.
- PN-92/M-01173 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Karta normowania zużycia materiału – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-92/M-73742 Napędy i sterowania pneumatyczne – Zawory redukcyjne sprężonego powietrza – Podstawowe parametry i wymagania podawane w dokumentach techniczno-handlowych

- PN-EN 10168:2005 Wyroby stalowe – Dokumenty kontroli – Wykaz informacji wraz z opisem
- PN-EN 10168:2006 Wyroby stalowe – Dokumenty kontroli – Wykaz informacji wraz z opisem.
- PN-EN 10204:2006 Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli.
- PN-EN 1041:2001 Informacja dostarczana przez producenta wraz z wyrobem medycznym.
- PN-EN 1041:2009 Informacja dostarczana przez producenta wraz wyrobem medycznym.
- PN-EN 13460:2003 Obsługiwanie techniczne – Dokumenty dotyczące obsługi technicznego.
- PN-EN 13460:2006 Obsługiwanie – Dokumenty dotyczące obsługi.
- PN-EN 15380-1:2006 Kolejnictwo – System oznaczania pojazdów szynowych – Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN 15380-2:2006 Kolejnictwo – System oznaczania pojazdów szynowych – Część 2: Grupy wyrobów.
- PN-EN 15380-3:2006 Kolejnictwo – System oznaczania pojazdów szynowych – Część 3: Oznaczenia miejsc zabudowy i położenia.
- PN-EN 61355:2002 Klasyfikacja i oznaczanie dokumentów instalacji, systemów i wyposażenia.
- PN-EN 62023:2002 Struktura informacji i dokumentacji technicznej.
- PN-EN 62027:2002 Przygotowanie wykazu części.
- PN-EN 62079:2002 Przygotowanie instrukcji – Struktura, zawartość i sposób prezentacji.
- PN-EN 82045-1:2003 Zarządzanie dokumentacją – Część 1: Zasady ogólne i metodyka.
- PN-EN 82045-2:2005 Zarządzanie dokumentami.
- PN-EN ISO 11442:2006 Dokumentacja techniczna wyrobu – Zarządzanie dokumentami.
- PN-EN ISO 13567-1:2004 Dokumentacja techniczna wyrobu – Organizacja i nadawanie nazw warstwom w systemie CAD – Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN ISO 13567-2:2002 Dokumentacja techniczna. Warstwowanie i nazewnictwo w projektowaniu wspomaganym komputerowo (CAD) – Część 2: Pojęcia, formaty, przepisy stosowane w dokumentacji budowlanej.
- PN-EN ISO 13567-2:2005 Dokumentacja techniczna wyrobu – Organizacja i nadawanie nazw warstwom w systemie CAD – Część 2: Pojęcia, format oraz kody stosowane w dokumentacji budowlanej.
- PN-EN ISO 7200:2005 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pola danych w abliczkach rysunkowych i dokumentacyjnych.
- PN-EN ISO 7200:2007 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pola danych w tabliczkach rysunkowych i nagłówkach dokumentów.
- PN-EN ISO 81714-1:2002 Projektowanie symboli graficznych stosowanych w dokumentacji technicznej wyrobów – Część 1: Podstawowe zasady.
- PN-ISO 11442-1:1996 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
- PN-ISO 11442-1:1996/Ap1:1999 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
- PN-ISO 11442-2:1996 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Dokumentacja oryginalna.
- PN-ISO 11442-2:1996/Ap1:1999 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Dokumentacja oryginalna.
- PN-ISO 11442-3:1996 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Fazy procesu projektowania wyrobu.
- PN-ISO 11442-3:1996/Ap1:1999 Dokumentacja techniczna wyrobów – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Fazy procesu projektowania wyrobu.
- PN-ISO 11442-4:1996 Dokumentacja techniczna wyrobu – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Zarządzanie dokumentami i systemy wyszukiwania.
- PN-ISO 11442-4:1996/Ap1:1999 Dokumentacja techniczna wyrobu – Obsługa skomputeryzowanej informacji technicznej – Zarządzanie dokumentami i systemy wyszukiwania.
- PN-M-01152:1983 Dokumentacja technologiczna – Oznaczenia.
- PN-M-01165:1987 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Zakres informacji.

- PN-M-01166:1990 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty podstawowe – Wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01167:1991 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Wykazy elementów wyrobu – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01171:1991 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Karta instrukcyjna obróbki skrawaniem – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01172:1990 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Dokumenty technicznego normowania czasu pracy – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01173:1992 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Karta normowania zużycia materiału – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01174:1991 Dokumentacja techniczna – Dokumenty zmian technicznych – Zakres informacji i wytyczne projektowania formularzy.
- PN-M-01179:1991 Dokumentacja technologiczno-produkcyjna – Oznaczenia informacji w komputerowych bazach danych.
- PN-M-35610:1985 Technika bezpieczeństwa – Kotle parowe i wodne.
- PN-M-35611:1985 Technika bezpieczeństwa – Zbiorniki ciśnieniowe.
- PN-N-01636:1991 Dokumentacja techniczna – Sposoby nanoszenia zmian.
- PrPN-EN 10168 Wyroby stalowe – Dokumenty kontroli.
- PrPN-EN 10204 Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli.
- PrPN-EN 13460 Obsługiwanie – Dokumenty dotyczące obsługi.
- PrPN-EN ISO 13567-2 Dokumentacja techniczna wyrobu – Organizacja i nadawanie nazw warstwom w systemie CAD – Część 2: Pojęcia, format oraz kody stosowane w dokumentacji budowlanej.
- PN-EN ISO 7200 Dokumentacja techniczna wyrobu – Pola danych w tabliczkach rysunkowych i dokumentacyjnych.

Katalog opracowany na podstawie informacji z PIN Bydgoszcz.

ZAŁĄCZNIK NR 3

System oznaczania stali wg PN-EN 10027-1:1994 ze względu na zastosowanie i własności fizykochemiczne

Symbole główne		Symbole dodatkowe						
		Gatunków stali				Wyrobu		
Zakres zastosowania	Cecha wytrzymałości	Minimalna praca łamania w Julach próbki z karbem ISO-V wzdłuż kierunku walcowania				Symbol poprzedzony zawsze znakiem +		
		27(J)	40(J)	60(J)	Temp. badania	Tab. 1 Symbole wymagań specjalnych stawianym wyrobom	Tab. 2 Symbole określające rodzaj powłoki wyrobu	Tab. 3 Symbole określające stan obróbki cieplnej
S	Stale konstrukcyjne	JR	KR	LR	20 C			
P	Stale do pracy pod ciśnieniem	J0	K0	L0	0 C			
L	Stale na rury przewodowe	J2	K2	L2	-20 C			
E	Stale maszynowe	J3	K3	L3	-30 C			
H	Wyroby płaskie do kształtowania na zimno	J4	K4	L4	-40 C			
Minimalna wartość granicy plastyczności Re w Mpa		J5	K5	L5	-50 C			
		J6	K6	L6	-60 C			
		A	Utwardzona wydzielinowo					
		M	Walcowana termomechanicznie					
		N	Normalizowana					
		Q	Ulepszona cieplnie					
B		Stale do zbrojenia betonu		Klasa ciągliwości				
		Y		Stale do betonu sprężonego		Minimalna wytrzymałość na rozciąganie Rm w Mpa		
				C	Drut ciągniony na zimno			
		H	Pręt walcowany na gorąco					
R	Stal na szyny w lub postaci szyn	Minimalna twardość oznaczona w skali Brinella HBW	Cr	Dodatek chromu		Cyfra oznaczająca 10 x średnią zawartość tego pierwiastka, zaokrągloną do 0,1 %		
			Mn	Dodatek manganu				
			HT	Obrabiana cieplnie				
			LHT	Niskostopowa, obrabiana cieplnie				

System oznaczania stali wg PN-EN 10027-1:1994 ze względu na skład chemiczny

Symbole główne		Symbole dodatkowe				
		Gatunków stali		Wyrobu		
Grupa stali	Zawartość węgla	Symbole pierwiastków chemicznych i ich procentowa zawartość		Tab. 1	Tab. 2	
		Symbol poprzedzony zawsze znakiem +		Tab. 2	Tab. 2	
C	stale niestopowe o średniej zawartości Mn < 1%.	100 x średnią zawartość węgla w %		Nie dotyczy		
	stale niestopowe o średniej zawartości manganu > 1%, niestopowe stale automatowe i stale stopowe o zawartości każdego pierwiastka stopowego < 5%	100 x średnią zawartość węgla w %	Symbole pierwiastków chemicznych w kolejności malejącego udziału oraz liczb oznaczających średni % udział pomnożony przez współczynniki z tabeli		Dotyczy	Nie dotyczy
			Pierwiastek	Współczynnik		
			Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4		
			Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10		
			Ce, N, P, S	100		
			B	1000		
X	stale stopowe (bez stali szybkołnących) zawierające przynajmniej jeden pierwiastek stopowy w ilości > 5%	100 x średnią zawartość węgla w %	Symbole pierwiastków chemicznych w kolejności malejącego udziału oraz liczb, przedzielonych poziomą kreską oznaczających średni % udział		Nie dotyczy	
HS	stal szybkołnąca		liczby oznaczające procentowe zawartości (zaokrąglone do najbliższych liczb całkowitych) pierwiastków stopowych w następującej kolejności: wolfram, molibden, wanad, kobalt przedzielone poziomą kreską	zawartość chromu nie jest podawana, gdyż jest we wszystkich gatunkach tych stali taka sama i wynosi od 4,0 do 4,5%.		

Tabele symboli dodatkowych (wyciąg z normy)

Tab.1	
Symbol	Wymagania specjalne stawiane wyrobom
+CH	Hartowność rdzenia
+H	Hartowność
+Z35	Własność w kierunku prostopadłym do powierzchni minimalne przewężenie 35%
Tab.2	
Symbol	Wymagania określające rodzaj powłoki
+A	Aluminiowa metodą zanurzeniową
+AS	Aluminiowo cynkowa
+CU	Miedziowa
+ZF	Cynkowo żelazowa
+Z	Cynkowa nałożona zanurzeniowo
Tab.3	
Symbol	Wymagania określające stan obróbki cieplnej
+A	Wyżarzona zmiękczająco
+AT	Przesycona
+C	Zgniot na zimno
+CR	Walcowana na zimno
+HR	Walcowana na gorąco
+NT	Normalizowana i odpuszczona
+N	Normalizowana
+QT	Ulepszona cieplnie
+U	Nieobrobiona
+WW	Przerobiona plastycznie na ciepło
+QW	Hartowana w wodzie

System oznaczania stali wg PN-EN 10027-2:1994 cyfrowy

Podział stali	Oznaczenie grup stali XX														
	00	01-07	08-09	10-19	20-29	30-39	40-45	46-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90	91-97	98-99
Podstawowa	■														
Jakościowa	■														
Specjalna			■												
Jakościowa			■												
Narzędziowa					■										
Szybko tnące, łożyskowa Magnetyczna						■									
Odporna na korozję							■								
Żaroodporna								■							
Mn, Si, Mo, Ni, Cr									■						
Cr, Ni, Mo, W, V										■					
Cr, B, Mo, V											■				
Cr, Mo, Mn, Ti spawalne, o podwyższonej wytrzymałości, do azotowania												■			
Konstrukcyjne, maszynowe, na zbiorniki ciśnieniowe															
Stal niestopowa						Stale stopowe									

ZAŁĄCZNIK NR 4

Tabela porównawcza oraz własności i zastosowanie stali. [1.8]

STAL NARZĘDZIOWA DO PRACY NA ZIMNO

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %													Obróbka cieplna		Twardość w stanie	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Odpuszczanie [C]	Odpuszczanie [C]	hartowanym HRC	zmiękczonym HB	
NC6	~	1,3-1,45	0,4-0,7	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	1,3-1,65	max 0,35	max 0,2	max 0,2	0,1-0,25		max 0,35	810-830	150-260	62	248	
NC10	~	1,5-1,8	0,15-0,45	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	11-13	max 0,35	max 0,2	max 0,2	max 0,15		max 0,35	980-1000	220-520	60	255	
NC11	1.2080	1,8-2,1	0,15-0,45	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	11-13	max 0,35	max 0,2	max 0,2	max 0,15		max 0,35	960-1000	220-520	62	255	
NC11LV	1.2379	1,5-1,7	0,15-0,45	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	11-13	max 0,35	0,7-1	max 0,2	0,6-0,8		max 0,35	960-1030	220-550	60	255	
NMV	1.2842	0,85-0,95	1,8-2,1	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	max 0,35	max 0,35	max 0,2	max 0,2	0,1-0,25		max 0,35	780-800	200-280	61	229	
NW1	1.2414	1,1-1,25	0,15-0,45	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	max 0,35	max 0,35	max 0,2	max 0,2	max 0,15		max 0,35	780-800	200-320	62	229	
NZ3	1.2550	0,5-0,6	0,15-0,45	0,8-1,1	max 0,03	max 0,03	0,9-1,2	max 0,35	max 0,2	1,1-1,5	0,15-0,3		max 0,35	900-920	200-320	57	255	
*	1.2311																	
N8E	1.1525	0,75-0,84	0,15-0,3	0,15-0,3	max 0,025	max 0,025	max 0,15	max 0,2					max 0,2	770-790	180-300	61	187	
N9E	1.1830	0,85-0,94	0,15-0,3	0,15-0,3	max 0,025	max 0,025	max 0,15	max 0,2					max 0,2	760-780	180-300	62	197	
N12E	1.1663	1,15-1,24	0,15-0,3	0,15-0,3	max 0,025	max 0,025	max 0,15	max 0,2	*	*	*	*	max 0,2	760-780	180-300	63	207	

STAL NARZĘDZIOWA DO PRACY NA GORĄCO

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %													Obróbka cieplna		Twardość w stanie	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Odpuszczanie [C]	Odpuszczanie [C]	hartowanym HRC	zmiękczonym HB	
WCL	1.2343	0,32-0,42	0,2-0,5	0,8-1,2	max 0,03	max 0,03	4,5-5,5	max 0,35	1,2-1,5	max 0,3	0,3-0,5	max 0,3	max 0,3	max 0,3	980-1030	450-550	57	229
WCLV	1.2344	0,35-0,45	0,2-0,5	0,8-1,2	max 0,03	max 0,03	4,5-5,5	max 0,35	1,2-1,5	max 0,3	0,8-1,1	max 0,3	max 0,3	max 0,3	1000-1050	450-550	57	229
WNL	1.2713	0,5-0,6	0,5-0,8	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	0,5-0,8	1,4-1,8	0,15-0,25	max 0,3	max 0,1	max 0,3	max 0,3	840-860	450-550	62	241	

STAL NARZĘDZIOWA SZYBKOTĄCA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %													Obróbka cieplna		Twardość w stanie	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Odpuszczanie [C]	Odpuszczanie [C]	hartowanym HRC	zmiękczonym HB	
WCL	1.2343	0,32-0,42	0,2-0,5	0,8-1,2	max 0,03	max 0,03	4,5-5,5	max 0,35	1,2-1,5	max 0,3	0,3-0,5	max 0,3	max 0,3	max 0,3	980-1030	450-550	57	229
WCLV	1.2344	0,35-0,45	0,2-0,5	0,8-1,2	max 0,03	max 0,03	4,5-5,5	max 0,35	1,2-1,5	max 0,3	0,8-1,1	max 0,3	max 0,3	max 0,3	1000-1050	450-550	57	229
WNL	1.2713	0,5-0,6	0,5-0,8	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	0,5-0,8	1,4-1,8	0,15-0,25	max 0,3	max 0,1	max 0,3	max 0,3	840-860	450-550	62	241	

STAL NIERZEWNA MARTENZYTYCZNA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %													Obróbka cieplna	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Odpuszczanie [C]	Odpuszczanie [C]	
4H13	1.4034	0,43-0,5	max 1,0	max 1,0	max 0,04	max 0,03	12,5-14,5	*	*	*	*	*	*	950-1050	700-790	
H17N2	1.4057	0,12-0,22	max 1,5	max 1,0	max 0,04	max 0,03	15-17	1,5-2,5	*	*	*	*	*	*	*	

STAL ŻAROODPORNA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %											Obróbka cieplna			Zaroodporność [C]	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Al.	Ti	Zmiękczenie [C]	Odpuszczanie [C]	Przesykanie [C]	
H6S2	*	max 0,15	max 0,7	1,5-2	max 0,04	max 0,03	5-6,5	max 0,6	*	*	*	*	*	930-950	780-800		800
H25T	*	max 0,15	max 0,8	max 1,0	max 0,045	max 0,03	24-27	max 0,6	*	*	*	*	max 0,8	730-780	*		1100
H133S	1.4724	max 0,12	max 0,8	1-1,3	max 0,04	max 0,03	12--14	max 0,5	*	*	*	0,8-1,1	*	800-850	*		950
H23N18	1.4843	max 0,2	max 0,15	max 1,0	max 0,045	max 0,03	22-25	17-20	*	*	*	*	*	*	*		1100-1150
H25N20S2	1.4841	max 0,2	max 1,5	2--3	max 0,045	max 0,03	24-27	18-21	*	*	*	*	*	*	*		1100-1150

STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %											Obróbka cieplna			Własności mechaniczne	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Ti	Cu	Hartowanie [C]	Odpuszczanie [C]	Rm [MPa]	Re [MPa]
40H	1.7035	0,36-0,45	0,5-0,9	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	0,8-1,2	max 0,3	max 0,1	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,25	820-870	500-670	980	780
40HM	1.7225	0,38-0,45	0,4-0,7	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	0,9-1,2	max 0,3	0,15-0,25	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,25	820-860	540-680	1030	880
36HNM	1.6511	0,32-0,4	0,5-0,8	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	0,9-1,2	0,9-1,2	0,15-0,25	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,25	820-860	540-680	830	690
30HGS	*	0,28-0,35	0,8-1,1	0,9-1,2	max 0,035	max 0,035	0,8-1,1	max 0,3	max 0,1	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,25	860-880	500-650	1080	830
35HGS	*	0,32-0,4	0,8-1,1	1,1-1,4	max 0,035	max 0,035	1,1-1,4	max 0,3	max 0,1	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,25	860-880	500-650	1620	1280

STAL DO NAWĘGLANIA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %											Obróbka cieplna			Własności mechaniczne	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Ti	Cu	Hartowanie [C]	Odpuszczanie [C]	Rm [MPa]	Re [MPa]
16HG	1.7131	0,14-0,19	1-1,3	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	0,8-1,1	max 0,3	*	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,3	860-900	150-200	830	590
18HGM	1.7262	0,16-0,23	0,9-1,2	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	0,9-1,2	max 0,3	0,2-0,3	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,3	860-900	170-200	1080	880
18HGT	*	0,17-0,23	0,8-1,1	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	1-1,3	max 0,3	*	max 0,2	max 0,05	0,05-0,12	max 0,3	850-880	150-200	980	830
18H2N2	1.5920	0,15-0,22	0,4-0,7	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	1,8-2,1	1,8-2,1	*	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,3	840-870	170-200	1230-1470	830
20HG	1.7147	0,17-0,22	1,1-1,4	0,17-0,37	max 0,035	max 0,035	1-1,3	max 0,3	*	max 0,2	max 0,05	max 0,05	max 0,3	860-900	150-200	1080	740

STAL SPRĘŻYNOWA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %											Obróbka cieplna			Własności mechaniczne	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Hartowanie [C]	Odpuszczanie [C]	Rm [MPa]	Re [MPa]
50HS	*	0,45-0,55	0,3-0,6	0,8-1,2	max 0,03	max 0,03	0,9-1,2	max 0,4	*	*	*	*	max 0,25	840-860	500-540	1320	1180
50HF	1.8159	0,46-0,54	0,5-0,8	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	0,8-1,1	max 0,4	*	*	0,1-0,2	*	max 0,25	840-860	480-520	1280	1080
65G	1.1260	0,6-0,7	0,9-1,2	0,15-0,4	max 0,03	max 0,03	max 0,3	max 0,3	*	*	*	*	*	830	480	980	780

STAL DO AZOTOWANIA

Odpowiedniki wg. norm		Skład chemiczny %											Obróbka cieplna			Własności mechaniczne	
PN	EN-cyf. EN-znak./chem.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Ti	Al.	Hartowanie [C]	Odpuszczanie [C]	Rm [MPa]	Re [MPa]
38HMJ	1.8509	0,35-0,42	0,3-0,6	0,17-0,37	max 0,025	max 0,025	1,35-1,65	max 0,25	0,15-0,25	max 0,2	max 0,05	max 0,05	0,7-1,1	880-940	570-650	980	830

PN	EN- cyf.	EN- znak./che m.	Skład chemiczny %										Obróbk a ciepłna		Własności mechaniczne	
			C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Cu	Hartow anie [C]	Odpusz czanie [C]
ŁH15	1.350 5	100Cr6	0,95- 1,1	0,25- 0,45	0,15- 0,35	max 0,027	max 0,02	1,3- 1,65	max 0,3	*	*	*	830- 870	150- 170	235	590- 780

STALE NIESTOPOWE

PN	EN- cyf.	EN- znak./che m.	Skład chemiczny %										Obróbk a ciepłna		Własności mechaniczne	
			C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	W	V	Al.	Cu	Hartow anie [C]	Odpusz czanie [C]
18G2 A	1.056 2	S355N	max 0,2	1-1,5	0,2- 0,55	max 0,04	max 0,04	max 0,3	max 0,3	*	*	*	*	*	490- 630	335
45	1.050 3	C45	0,42- 0,5	0,5- 0,8	0,1- 0,4	max 0,04	max 0,04	max 0,3	max 0,3	max 0,1	*	*	820- 860	550- 660	650- 800	430
55	1.053 5	C55	0,52- 0,6	0,6- 0,9	0,1- 0,4	max 0,04	max 0,04	max 0,3	max 0,3	max 0,1	*	*	810- 850	550- 660	750- 900	490

Rm - wytrzymałość na
rozciąganie

Re - granica plastyczności

ZAŁĄCZNIK NR 5 Karta Technologiczna [1.3]

1. Zakład										2. KT		3. Nr dokumentu	
4. Symbol przedmiotu				5. Nr rysunku				6. Nazwa przedmiotu				7. Szt/seria	
8. Do op	9. MD	10. Symbol indeksowy		11. JM	12. Norma jedn.		13. Il. żądana	14.	15. Symb. mag		16. Nr karty zm.		17. Ważne od
18. Nazwa materiału											19.	20.	
21. Materiał wyjściowy, przygotówka											24.	25.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
26. Nr op	27. MW	28. Symb. stan.	29. B	30. Ww	31. SP	32. KZ	33.	34. D	35. tpz	36. tj	37. T zad.	38. Nr karty zm.	39. Ważne od
40. Treść operacji											41. Nr instr.	42.	43.
44. Pomoce											45.	46.	
47. Opracował				48. Sprawdził				49. Zatwierdził				50. Ważny dok. od	

KARTA TECHNOLOGICZNA

Karta technologiczna wykonana zgodnie z PN-90/M-01166
Opis poszczególnych pozycji

Lp.	Nazwa informacji	Opis	Maksymalna liczba znaków
1.	Zakład	Nazwa zakładu	18
2.	KT	Symbol dokumentu	–
3.	Nr dokumentu	Numer dokumentu	5
4.	Symbol przedmiotu	Symbol przedmiotu	18
5.	Nr rysunku	Numer rysunku	18
6.	Nazwa przedmiotu	Nazwa przedmiotu	18
7.	Szt/seria	Liczba sztuk na serię produkcyjną	5
8.	Do op	Wchodzi do operacji	3
9.	MD	Miejsce dostawy	5
10.	Symbol indeksowy	Symbol indeksowy	18
11.	JM	Jednostka miar	3
12.	Norma jedn.	Norma jednostkowa zużycia materiału	7
13.	Il. żądana	Ilość żądana materiału	7
14.	Symb. mag.	Symbol magazynu	5
15.	Nr karty zm.	Numer karty zmiany	5
16.	Ważna od	Zmiana ważna od	8
17.	Nazwa materiału	Nazwa materiału	60
18.	Materiał wyjściowy, przygotówka	Wymiary materiału wyjściowego przygotówki	38
19.	Nr op	Numer operacji	3
20.	MW	Miejsce wykonania	5
21.	Symb. stan.	Symbol stanowiska	7
22.	B	Brygadowość	2
23.	Ww	Współczynnik wielowarstwowości	4
24.	SP	System płacy	3
25.	KZ	Kategoria zaszeregowania roboty	2
26.	D	Dodatek	2
27.	tpz	Czas przygotowawczo-zakończeniowy	5
28.	tj	Czas jednostkowy	7
29.	T zad.	Czas zadany	5
30.	Nr karty zm.	Numer karty zmian	5
31.	Ważne od	Zmiana ważna od	8
32.	Treść operacji	Treść operacji	165
33.	Nr instr.	Numer karty instrukcyjnej	15
34.	Pomoce	Nazwy lub symbole pomocy warsztatowych	60
35.	Opracował	Opracował	–
36.	Sprawdził	Sprawdził	–
37.	Zatwierdził	Zatwierdził	–
38.	Ważn. dok. od	Ważność dokumentu	8

ZAŁĄCZNIK NR 6 Karta instrukcyjna – przykład [1.3]

1. Nr KT		2.		3. Zakład		4. KIOS		5. Nr dok.		
6. Symbol przedmiotu			7. Nr rysunku		8. Nazwa przedmiotu			9. Str./stron		
10. Nr op.	11. Symb. Stan.	12. Szt. obr.	13. Chłodziwo	14. Uchwyty i przyrządy			15. Dokumenty uzupełniające			
16. Treść operacji:										
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
17. Nr zab.	18. i	19. a _p	20. f	21. v _c	22. n	23.	24.	25.	26.	27.
28. Treść zabiegu:										
29. Narzędzia skrawające:					30. Narzędzia pomiarowe:					
31. Opracował		32. Sprawdził			33. Zatwierdził		34. Ważny dok. od			

Załącznik NR 7 Funkcjonalność oprogramowania CAD [1.5]	ADVANCE CONCRETE	ADVANCE STEEL	AlphaCAM	ANSYS	AutoCAD Mechanical 2009	Autodesk Inventor 2009	Autodesk Inventor	AutoPOL	Bricscad V8	CATIA V5	ESPRIT	HICAD.next	hyperMILL	IGEMS	KOMPAS-3D	Mastercam	MegaCAD	NX (Unigraphics) Pro/ENGINEERING	SigmaNEST	Solid Edge	Solid Works	T-Flex Parametric CAD	TopSolid	TurboCAD Pro14.2PI	VISI	ZWCAD
	Biblioteki części i normaliów	P	p			p/b	p/b	p																		
Tworzenie przekrojów	x	x	x		x	x	x																			X
Tworzenie zrzutów-prezentacji	x	x	x		x	x	x																			
Interaktywne wodzenie kamery	x	x				x	x																			
Animacje	x	x	x			x	x																			
Naprawianie uszkodzonych rysunków		x			x	x	x																			
Tworzenie schematów ideowych	x	x			x	x	x																			
Tworzenie zestawień materiałowych	x	x	x		x	x	x																			
Generowanie dokumentacji technicznej	x	x	x		x	x	x																			
Tworzenie raportów	x	x	x		x	x	x																			
Tworzenie rysunku wykonawczego	x	x			x	x	x																			x
Tworzenie rysunku złożeniowego		x			x	x	x																			x
Generowanie rzutów	x	x	x		x	x	x																			
Automatyczna aktualizacja rysunku i powiązanych dokumentów	x	x				x	x																			
Obsługa dużych złożań			x		x	x	x																			
Tworzenie i definiowanie zespołów		X			2D	X	X																			
Analiza tolerancji/ dokładności pasowania		x				x	x																			
Funkcje fazowania i zaokrąglania	x	x	x		x	x	x																			x
Konwersja modelu powierzchniowego na model bryłowy	x	x	x			x	x																			
Modelowanie powierzchniowe	x	x	x			x	x																			x
Modelowanie bryłowe	x	x	x			x	x																			x
Parametryzacja wymiarów modelu	x	x	x			x	x																			
3D	x	x	x			x	x																			x
2D	x	x	x			x	x																			x

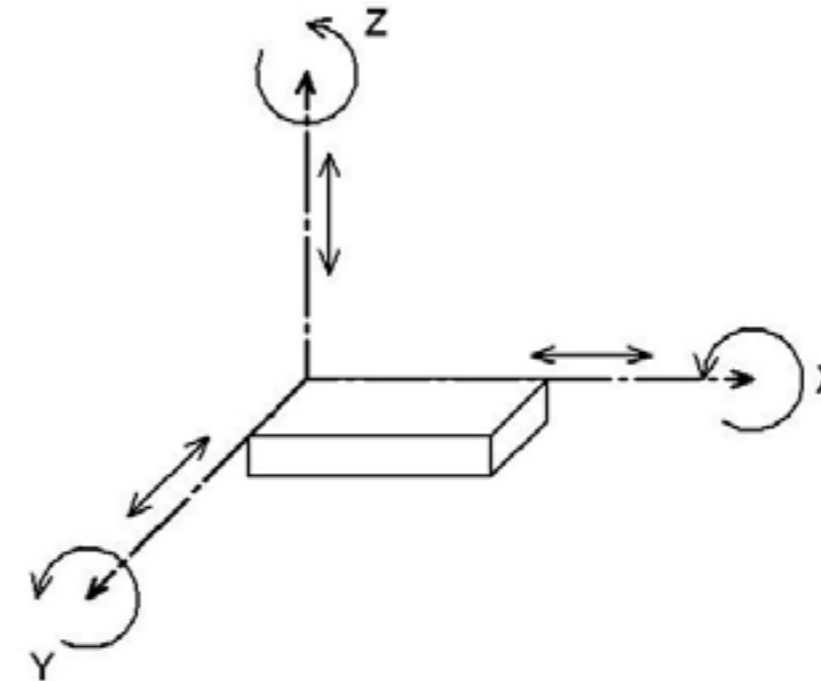
Załącznik NR 8 Funkcjonalność oprogramowania CAM [1.5]	AlphaCAM	AutoPOL	CATIA	ESPRIT	hyperMILL	IGEMS	Mastercam	NX(Unigraphics) Pro/ENGINEER	SigmaNEST	TopSolid	TurboCAD Pro 14.2 PL	VISI
Grawerowanie	x						x	x	x	x	x	x
Wiercenie	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Inne obróbki	-	g		t		l		w	g	c	E	t
Automatyczne łączenie cięć			x	x			x	x	x	x		x
Obróbka jedno i wielokierunkowa			x	x			x	x	x	x		x
Obróbka ubytkowa	x		x	x			x	x	x	x		x
Cięcie po konturze	x		x	x			x	x	x	x		x
Ograniczanie ścieżek narzędzia	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka HSC			x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka spiralna i promieniowa	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka ołówkowa	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka wierszowaniem	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka wykańczająca ze stałym krokiem 3D	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka wykańczająca ze stałym skokiem (Z)	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka zgrubna materiału resztkowego	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Obróbka zgrubna ze stałym skokiem w osi Z	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Postprocesory do maszyn	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x
Wsparcie podprogramów	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Projektowanie narzędzi	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x
Tworzenie widoków i przekrojów		x	x					x	x	x		x
Rozwinięcia konstrukcji blaszanych			X					X	X	X		X
Automatyczny podział elementów konstrukcji			x	x	x		x	x	x	x		x
Definiowanie dowolnych najazdów i odjazdów			x	x	x		x	x	x	x		x
Symulacja kinematyczna ruchów maszyny		x	x	x	x		x	x	x	x		x
Symulacja przestrzenna	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Optymalizacja programów obróbki			x	x	x		x	x	x	x		x
Zarządzanie przeszkodami	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Pełne wykrywanie kolizji	x		x	x	x		x	x	x	x		x
Liczba obsługiwanych osi:	5		5		5	5	5	5	2	7	2	5
3D	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x
2D	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x

ZAŁĄCZNIK NR 9 Funkcjonalność oprogramowania CAE [1.5]										
	ANSYS	Autodesk Inventor Professional 2009	Autodesk Inventor Simulation Suite 2009	CATIA	Kompas-3D	NX (dawna nazwa Unigraphics)	Pro/ENGINEER	T-Flex Parametric CAD	TopSolid	VISI
Przedstawienie wyników analiz w postaci wizualizacji 3D	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Generowanie raportów HTML	x	x	x	x		x	x	x		x
Automatyzacja powtarzanych zadań analitycznych	x							x		
Porównywanie wyników analiz i testów fizycznych	x		x	x			x	x		
Funkcje optymalizacji projektu	x			x		x	x	x		x
Symulacja warunków rzeczywistych Także grawitacji i siły odśrodkowej	x	x	x	x		x	x	x		
Narzędzia do wykrywania kolizji	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Symulacja funkcjonowania złożeń i ruchomych części	x	x	x	x	x	x	x	x		
Symulacja postępu zniszczenia	x							x		
Test upuszczeniowy	x									
Symulacja przepływu gazów	x				x	x				
Symulacja przepływu cieczy	x				x	x				x
Analiza obiektów cienkościennych	x	x	x	x	x	x	x			x
Analiza termiki i rozchodzenia się ciepła	x			x	x	x	x	x		x
Analiza drgań i wyboczeń	x	x	x	x	x	x	x	x		
Analiza naprężeń i przemieszczeń	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Automatyczne generowanie siatki	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

IV. UCHWYTY OBRÓBKOWE

1. Funkcje uchwytów obróbkowych

Uchwyty obróbkowe mają na celu szybkie, jednoznaczne i pewne ustalenie i zamocowanie przedmiotu na obrabiarce. Aby jednoznacznie ustalić przedmiot należy „odebrać” sześć stopni swobody
Stopnie swobody:



Przesuw w osi Z
Obrót w osi Z
Przesuw w osi X
Obrót w osi X
Przesuw w osi Y
Obrót w osi Y

Np. ułożenie detalu na płaszczyźnie odbiera 3 stopnie swobody: przesuw w osi Z; obrót w osiach X i Y natomiast pozostają wolne osie swobody: obrót w osi Z i przesuw w osiach X i Y.

Bazą detalu może być: oś; płaszczyzna lub punkt detalu. Bazy dzielimy na:

- konstrukcyjne np. połączenie z innym detalem,
- technologiczne np. powierzchnia styku z elementem ustalającym,
- pomiarowe.

Elementy ustalające w uchwycie obróbkowym:

- powierzchnia nieobrobiona – kołki oporowe
- powierzchnia obrobiona – listwy lub kołki oporowe,
- powierzchnia obrotowa zewnętrzna – uchwyt samocentrujący, tuleja,

- zaciskowa, tuleja stała, pryzma, kły,
- powierzchnia obrotowa wewnętrzna – trzpień stały, trzpień rozprężny kołki stałe, kołki ścięte.

2. Rodzaje uchwytów obróbkowych

Uchwyty tokarskie:

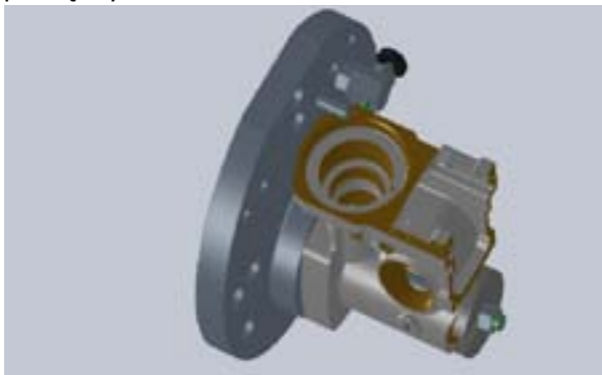
- uchwyty samocentrujące hydrauliczne: dwu, trzy, cztero – szczękowe. Mają zastosowanie przy obróbce detalu z jednej „ciętki”. Rodzaj uchwytu zależy od przekroju poprzecznego materiału wyjściowego (okrągły, sześciokątny, kwadratowy),
- tuleje zaciskowe do prętów: okrągłych, 6-kt, kwadratowych. Mają zastosowanie przy obróbce z „pręta”. Obrabiarka musi być wyposażona w podajnik prętów (praca w cyklu do zużycia pręt na n sztuk. Dodatkowe wyposażenie – tuleja prowadząca pręt we wrzecionie do określonych średnic.
- Przyrządy specjalne mocowane na tarczy zabierakowej. Stosowane są do detali o złożonych kształtach – wymagające zastosowania elementów mocujących.

Uchwyty frezarskie:

- uniwersalne
- Imadła maszynowe zwykłe. Mogą być wyposażone w wkładki szczękowe standardowe lub specjalne mocowane na stałe.
- Imadła maszynowe uniwersalne. Umożliwiają szybką wymianę wkładek szczękowych oraz mocowanie dwóch detali.
- Uchwyt samocentrujący zamocowany na stole frezarki umożliwia obróbkę czoła wałka na CNC poziomej.
- 4 oś „A” – Podzielnica + uchwyt samocentrujący. Umożliwia obróbkę np. wałka na jego obwodzie – prostopadle do osi obrotu oraz np. frezowanie z równoczesnym obrotem detalu
- 4 oś „A” – Podzielnica + uchwyt samocentrujący + konik umożliwia obróbkę długich przedmiotów typu „wałek”.

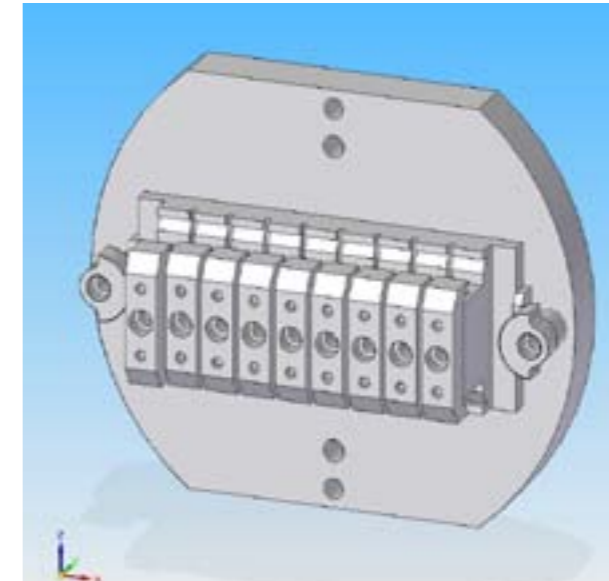
Uchwyty specjalne

- przyrządy specjalne do jednego zamocowania – przyrząd do detalu typu „korpus” zamocowany w przyrządzie specjalnym który mocowany jest do tarczy Podzielnicy (4 oś) – obróbka odbywa się w wielu układach współrzędnych : od 0° – 360°



Przyrząd: detal typu korpus
Źródło: Materiały firma PROMOTECH

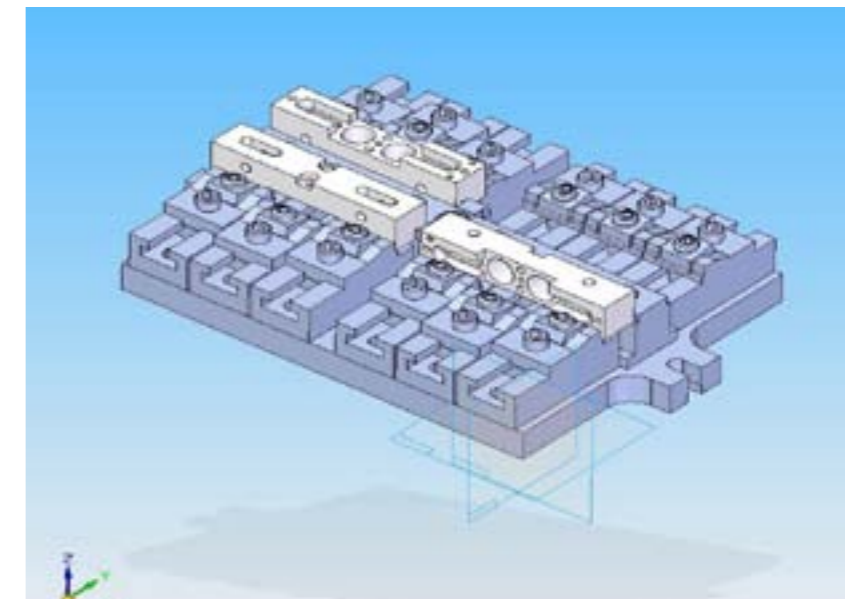
- przyrządy wielomiejscowe



Przyrząd – przesuwka
Źródło: Materiały firma PROMOTECH

Uzasadnienie przyrządu wielomiejscowego: wymiana poszczególnych narzędzi odbywa się na n sztuk – czas wymiany jednego narzędzia wynosi około 15 sekund.

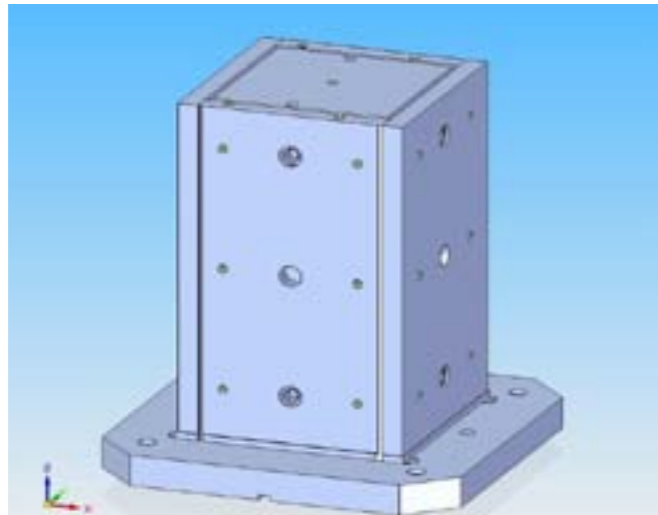
- przyrządy wielopozycyjne – stosujemy w celu koncentracji operacji na jednym stanowisku.



Przyrząd wielopozycyjny
Źródło: Materiały firma PROMOTECH

3. Sposoby bazowania uchwytów obróbkowych na obrabiarce

- Tokarka – końcówka wrzeciona, tarcza zabierakowa.
- Frezarka – powierzchnia stołu, kanałki teowe – kamienie ustalające, tuleje w stole, czopy ustalające, kołki ustalające.
- CNC – poziome ze stołem obrotowym można zastosować kolumny z czterema powierzchniami do zamocowania uchwytów obróbkowych – bazowanie jak na stole FNC poziomej.



Wieża – FNC pozioma 4 bloki
Źródło: Materiały firma PROMOTECH

Błędy zamocowania uchwytu na obrabiarce.

Tokarka:

- bicie promieniowe czoła uchwytu,
- niewłaściwe pasowanie uchwyt–końcówka wrzeciona,
- bicie czołowe tarczy zabierakowej lub przyrządu.

Frezarka:

- niewłaściwe pasowanie: kamieni ustalających, czopów ustalających i kołków,
- uszkodzone powierzchnie stołu obrabiarki lub uchwytu.

Wytyczne do prawidłowego zamocowania przedmiotu:

- analiza sztywności przedmiotu obrabianego,
- analiza kierunku i wielkości sił skrawania,
- wybór miejsca zamocowania,
- określenie siły mocowania,
- zamocowania sztywne i elastyczne.

Zasady bazowania i mocowania przedmiotu :

- siły mocowania skierowane na elementy oporowe lub bazujące – nie na dociskowe,
- elementy cienkościenne – podać siłę mocowania (moment na kluczu dynamometrycznym),
- elementy bazujące i mocujące poza strefą obróbki – unikać możliwości kolizji z narzędziem,
- narzędzia mocujące (klucze) minimum rodzajów,
- dobór elementów oporowych i dociskowych w zależności od stanu powierzchni: odlew, pręt walcowany lub ciągniony, powierzchnia malowana itp.,
- kolejność mocowania punktowego.

Wybór uchwytów obróbkowych z uwagi na wielkość serii produkcyjnej oraz posiadany park maszynowy:

- uchwyty obróbkowe handlowe,
- uchwyty obróbkowe uniwersalne,
- uchwyty obróbkowe specjalne,
- uchwyty obróbkowe wielomiejscowe,
- uchwyty obróbkowe wielopozycyjne.

4. Elementy mocujące przedmiot w uchwycie

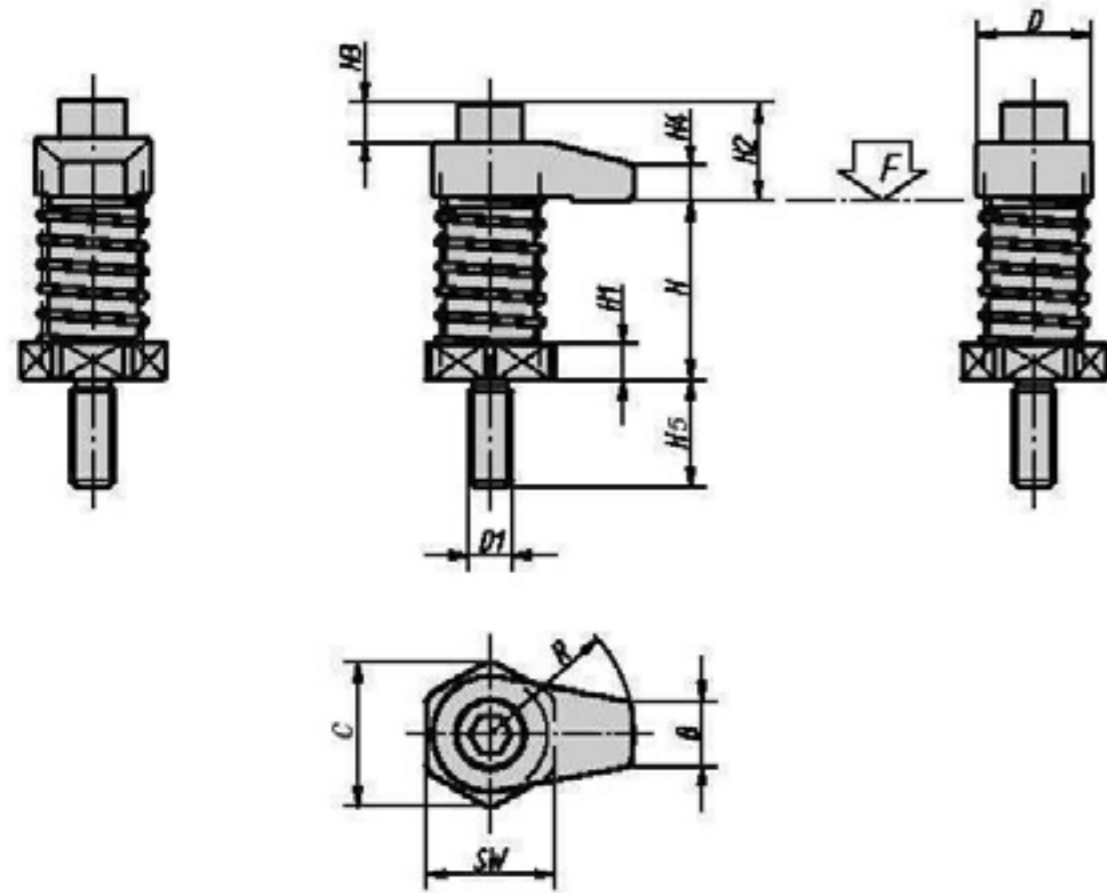
Mocowanie elastyczne:

- Siłownik hydrauliczny na tokarce,
- Siłowniki hydrauliczne w przyrządach na frezarkach.

Mocowanie na sztywno:

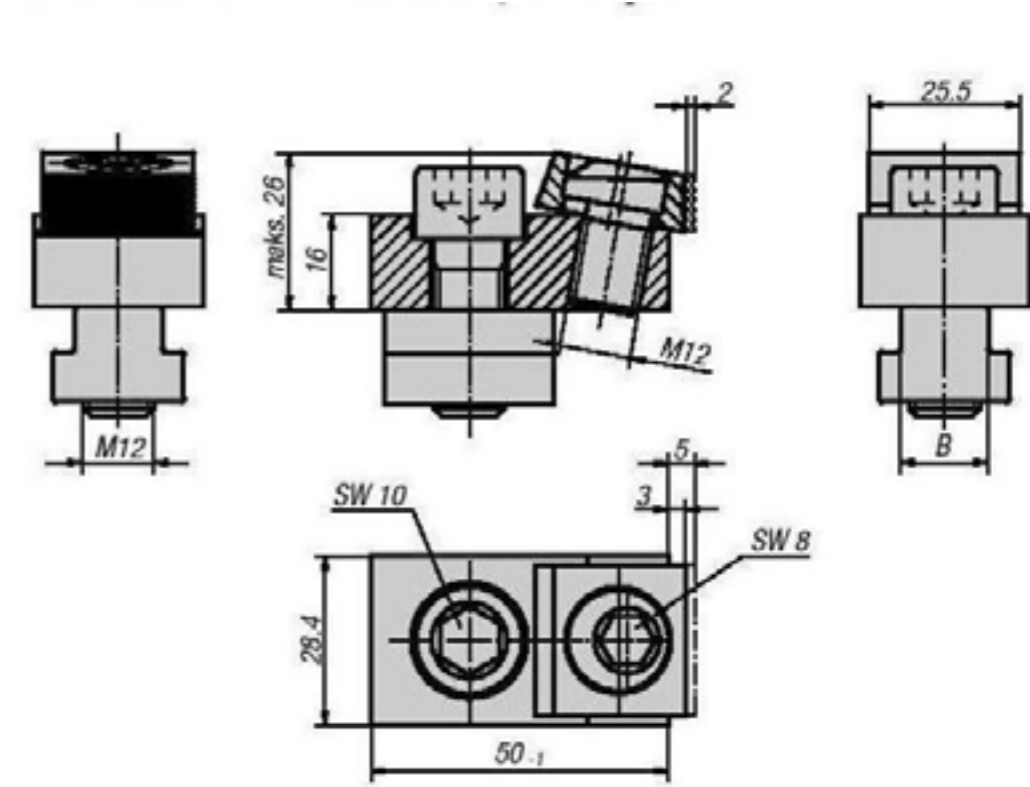
- dociski śrubowe.





Źródło: katalog firmy KIPP

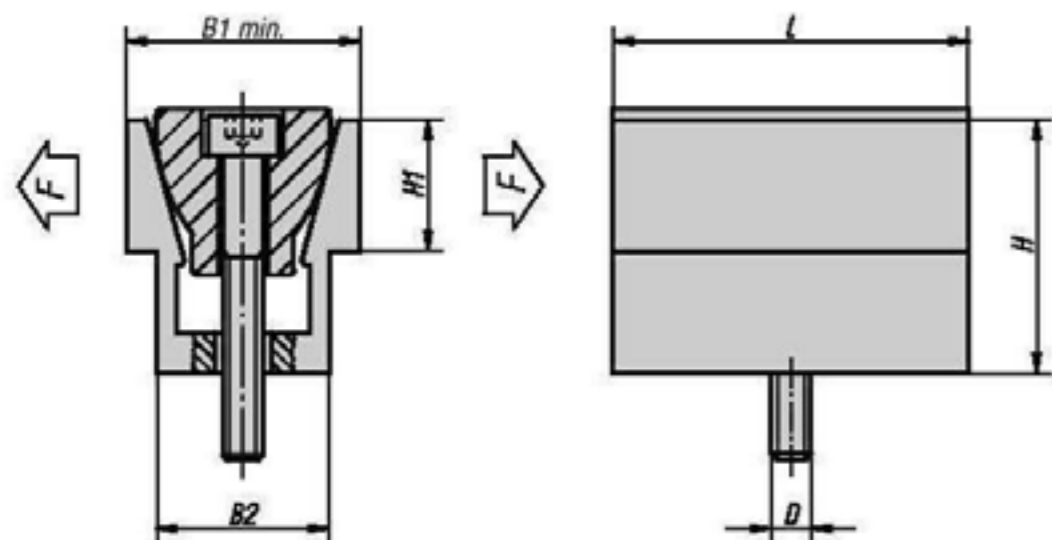
- dociski mimośrodowe



Źródło: katalog firmy KIPP

- dociski rozprężne





Źródło: katalog firmy KIPP

5. Zasady konstrukcji uchwytów obróbkowych

Wymagana dokumentacja do projektowania:

- rysunek detalu bryła 3D,
- rysunek przygotówki – odlew, odkuwka,
- instrukcja obróbki – opisane obrobione powierzchnie w poprzednich operacjach,
- określone powierzchnie do obróbki w planowanej operacji,
- określona obrabiarka lub grupa obrabiarek.

Wytyczne do projektowania:

- zamocowanie powinno być pewne i detal powinien mieć jednoznaczne położenie,
- dążyć do minimalnej ilości narzędzi mocujących,
- zamocowanie nie może powodować odkształcenia detalu,
- łatwy dostęp do elementów mocujących – najlepiej od strony obsługi,
- zapewnienie podania w strefę pracy narzędzia chłodziwa i jego odpływ,
- łatwy dostęp do usuwania wiórów,
- zaleca się aby elementy przyrządu nie zasłaniały strefy obróbki,
- zaleca się aby konstrukcja przyrządu nie wymuszała stosowania narzędzi, specjalnych np. wydłużonym chwytem,

- zaleca się zaprojektowania elementu przyrządu (powierzchni) do pomiaru, w celu określenia punktów zerowych układów współrzędnych przy złożonym kształcie przedmiotu obrabianego np. odlew,
- w uchwytach wielomiejscowych – jeden pomiar na n detali.

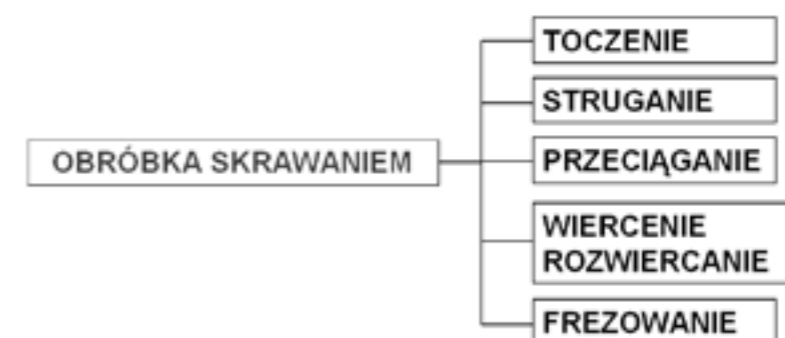
Literatura:

1. Tadeusz Dobrzański, Uchwyty obróbkowe – Poradnik konstruktora, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2007.

V. OBRABIARKI CNC

1. Rodzaje obróbki skrawaniem

Obróbka skrawaniem jest technologią najbardziej uniwersalną i rozpowszechnioną. Jej udział we współczesnym wytwarzaniu wyrobów przemysłu maszynowego i elektromaszynowego wynosi około 35–40%. Na rys. 1.1 przedstawione zostały różne odmiany obróbki skrawaniem.

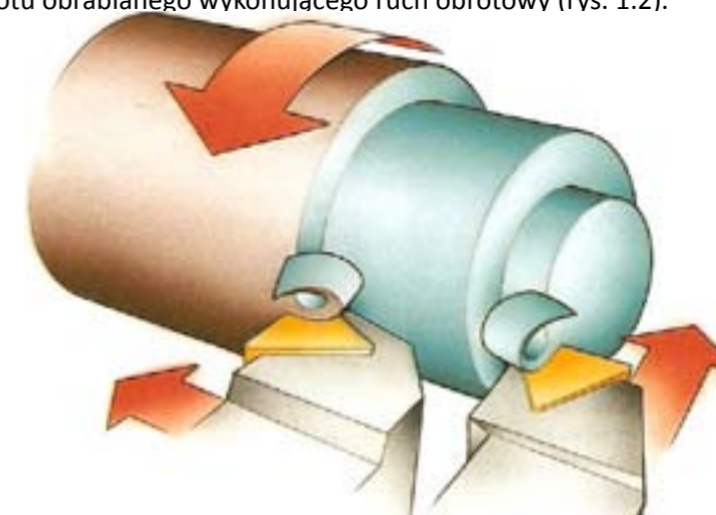


Rys. 1.1. Odmiany obróbki skrawaniem

Poniżej przedstawione zostaną ogólne informacje dotyczące toczenia i frezowania.

TOCZENIE

Jest to najczęściej stosowana technologia obróbki mechanicznej skrawaniem, polegająca na oddzielaniu za pomocą narzędzia, zw. nożem tokarskim (przemieszczającego się ruchem posuwowym) kolejnych warstw materiału z przedmiotu obrabianego wykonującego ruch obrotowy (rys. 1.2).



Rys. 1.2. Ruchy podczas toczenia

Ze względu na umiejscowienie obrabianych powierzchni rozróżniamy toczenie:

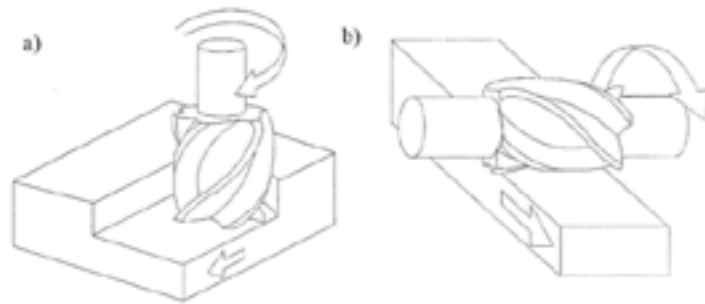
- zewnętrzne – powierzchni zewnętrznych,
- wewnętrzne – otworów.

Zależnie od kierunku ruchu posuwowego noża względem osi obrotu przedmiotu obrabianego toczenie dzielimy na:

- wzdłużne, gdy kierunek jest równoległy do osi,
- poprzeczne, gdy kierunek jest prostopadły do osi,
- stożkowe, gdy kierunek przecina się z osią,
- kopiowe, gdy ruchem steruje się za pomocą wzornika i odbywa się on po dowolnej w zasadzie linii.

FREZOWANIE

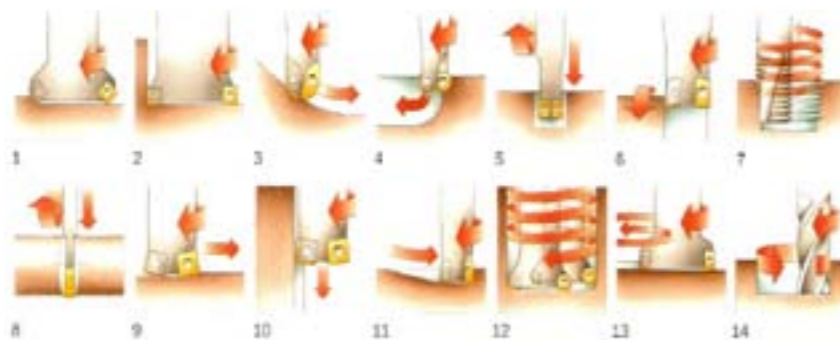
Frezowanie jest sposobem obróbki skrawaniem (przy pomocy określonego geometrycznie ostrza), podczas którego narzędzie wykonuje główny ruch obrotowy, natomiast przedmiot wykonuje ruch posuwowy. Metody frezowania dzieli się ze względu na położenie osi narzędzia frezarskiego w stosunku do przedmiotu obrabianego na frezowanie czołowe i obwodowe (rys. 1.3).



Rys. 1.3. Metody frezowania: a) czołowe, b) obwodowe

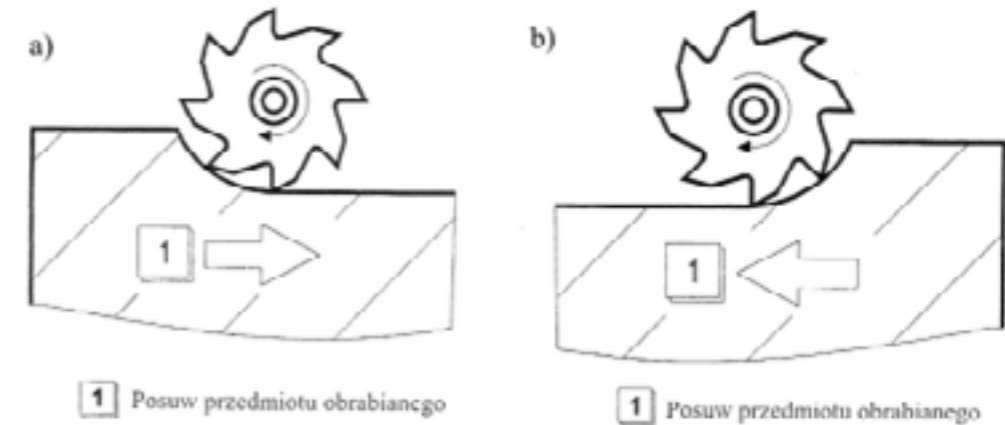
W przypadku wykonywania operacji frezarskich na obrabiarkach sterowanych numerycznie należy rozszerzyć podział metod frezowania o dodatkowe sposoby obróbki (rys. 1.4). Konieczność ta wynika z ruchów jakie może wykonywać narzędzie na obrabiarence sterowanej numerycznie oraz z samego kształtu narzędzia.

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. frezowanie czołowe | 8. frezowanie wąskich kanałków i przecinanie |
| 2. frezowanie walcowo-czołowe | 9. frezowanie z wysokimi posuwami |
| 3. frezowanie profilowe | 10. frezowanie wgłębień |
| 4. frezowanie wgłębień | 11. frezowanie ze skośnym zagłębieniem |
| 5. frezowanie rowków | 12. interpolacja śrubowa |
| 6. frezowanie toczone | 13. interpolacja kołowa |
| 7. frezowanie gwintów | 14. frezowanie trochoidalne |



Rys. 1.4. Metody frezowania stosowane na obrabiarkach sterowanych numerycznie.

Podczas operacji frezowania, przedmiot obrabiany podawany jest albo w kierunku zgodnym albo przeciwnym do kierunku obrotów i ma to wpływ na grubość wióra przy wejściu i wyjściu ostrza z materiału. W przypadku frezowania przeciwbieżnego (nazywanego też frezowaniem tradycyjnym), kierunek posuwu przedmiotu obrabianego jest przeciwny do kierunku obracania się freza w obszarze skrawania (rys. 1.5a). Grubość wióra rozpoczyna się od zerowej i rośnie, aż do końca skrawania. W przypadku frezowania współbieżnego, kierunek posuwu przedmiotu obrabianego jest taki sam, jak kierunek obrotów freza w obszarze skrawania. Grubość wióra będzie maleć od miejsca rozpoczęcia skrawania, aż do zera na końcu skrawania podczas frezowania obwodowego (rys. 1.5b).



Rys. 1.5. Odmiany frezowania: a) przeciwbieżne, b) współbieżne

2. Obrabiarki skrawające

Obrabiarki skrawające to maszyny technologiczne przeznaczone do kształtowania za pomocą narzędzi skrawających przedmiotów z materiałów metalowych oraz innych materiałów skrawalnych. Istota pracy obrabiarek polega na tym, że żądany kształt przedmiotu obrabianego uzyskuje się zawsze na skutek względnych ruchów narzędzia i przedmiotu.

Główne zalety obrabiarek skrawających:

- możliwość uzyskania przedmiotów o wymaganej dokładności wymiarowo-kształtowej i chropowatości powierzchni, dzięki czemu obrabiarki odgrywają dominującą rolę w technologii maszyn,
- możliwość wykonania metodami obróbki złożonych kształtów przedmiotu w wyniku sprzężenia ruchów względnych przedmiotu i narzędzia.

Frezarki

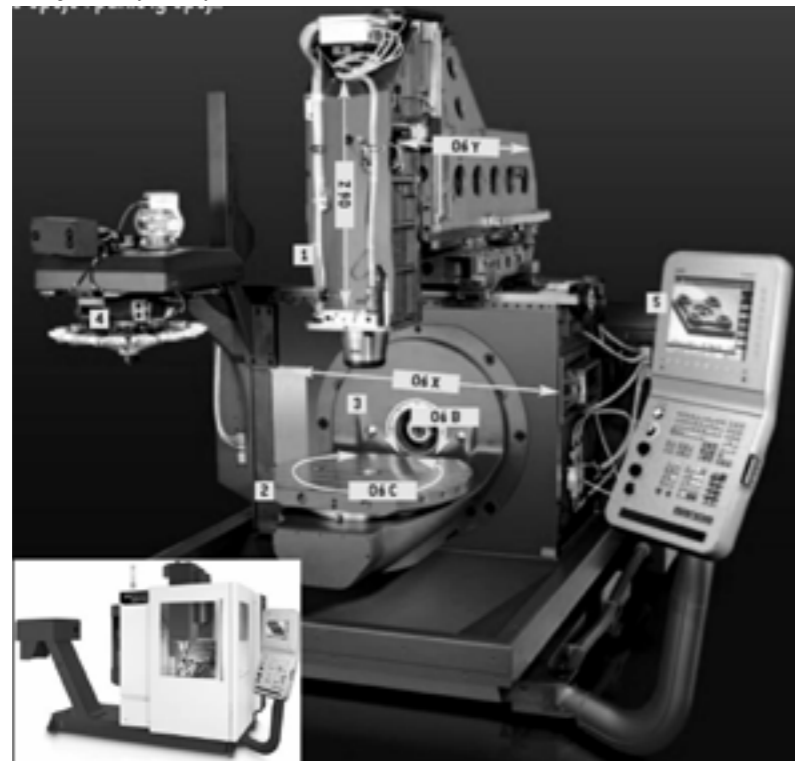
Frezarki są to obrabiarki, na których skrawanie jest wykonywane obrotowymi narzędziami wieloostrowymi – frezami. W większości odmian frezowania ruchy posuwowe są prostoliniowe i wykonuje je przedmiot obrabiany; natomiast ruch główny (obrotowy) wykonywany jest przez narzędzie.

Pod nazwą frezarskie centrum obróbkowe rozumie się obrabiarkę sterowaną numerycznie (CNC) zapewniającą, w zakresie jej możliwości technologicznych, wykonanie w jednym zamocowaniu przedmiotu dużej liczby zabiegów obróbkowych za pomocą różnych narzędzi w takim zakresie, aby po obróbce uzyskać przedmiot w pełni w lub dużej części obrobiony. Aby wypełnić te zadania centrum obróbkowe jest wyposażone w magazyn narzędzi z układem automatycznej wymiany narzędzi.

Poniżej przedstawiona została budowa wybranych centrów frezarskich. Na rys. 2.1 przedstawione zostało centrum frezarskie sterowane w 3 osiach natomiast na rys. 2.2 centrum sterowane w 5 osiach.



Rys. 2.1. Centrum frezarskie DMC 65 V (3 osie): 1– korpus żeliwny, 2 – stół roboczy, 3 – wrzeciono, 4 – magazyn narzędziowy, 5 – panel sterowania [3]



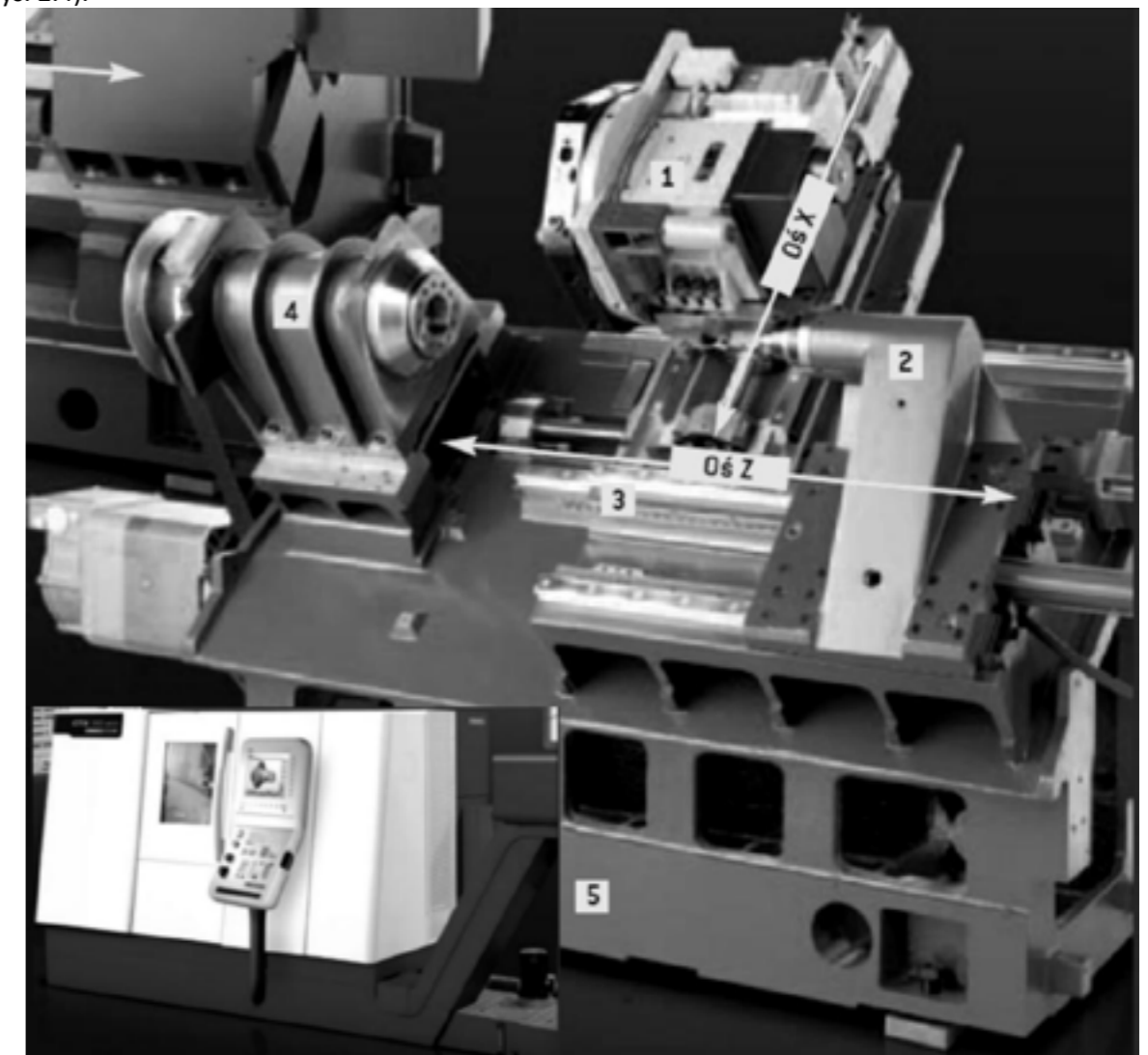
Rys. 2.2. Centrum frezarskie DMU 50 eco (5 osi): 1 – wrzeciono, 2 – stół uchylno-obrotowy, 3 – przestrzeń robocza, 4 – magazyn narzędziowy, 5 – panel sterowania [3]

Tokarki

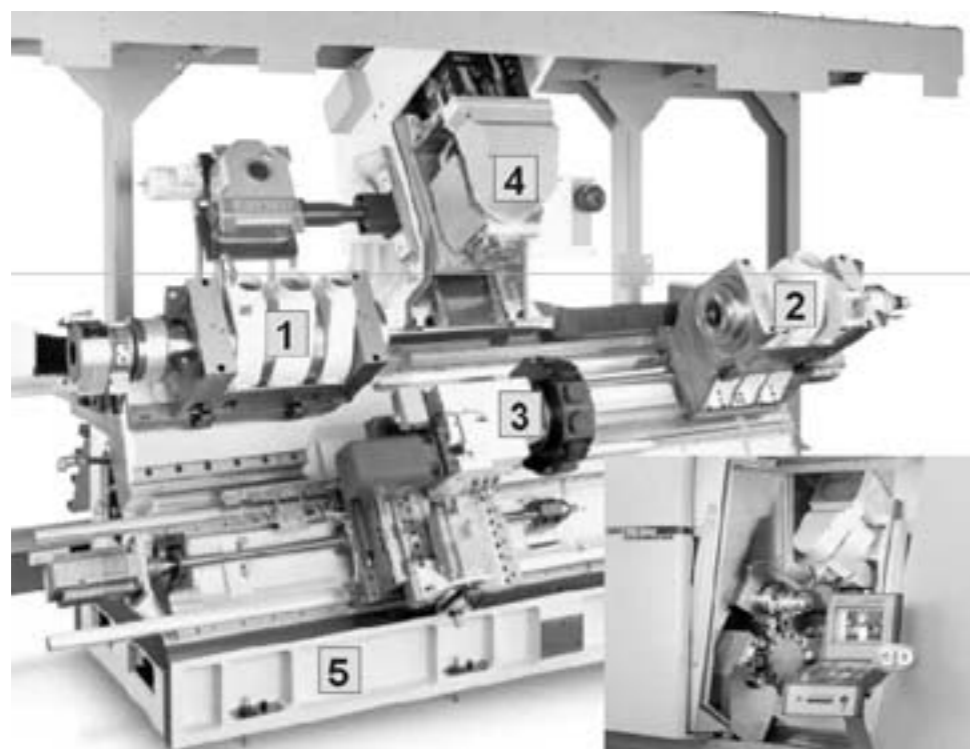
Celem produkcji na nowoczesnych tokarkach jest wykonanie na gotowo przedmiotu w jednej operacji i na jednej maszynie. Stąd też od tokarek i centrow obróbkowych tokarskich wymaga się realizowania obok typowych zabiegów toczenia, również wiercenia, gwintowania oraz rozwiercania mimośrodowego i poprzecznego, a także frezowania. Tokarki CNC i tokarskie centra obróbkowe są więc obrabiarkami wielozabiegowymi (wielofunkcyjnymi) i charakteryzują się następującymi cechami:

- zasadniczy, obrotowy kształt przedmiotu uzyskuje się w wyniku obróbki tokarskiej, stąd układ roboczy i budowa oparte są na zasadach działania tokarki,
- można na nich wykonywać, oprócz zabiegów tokarskich, inne zabiegi z wykorzystaniem narzędzi obrotowych (frezów, wiertła, itp.) Przy nieruchomym lub obracającym się wrzecionie przedmiotowym,
- są wyposażone w jedną lub dwie wielopozycyjne głowice rewolwerowe (tokarka) lub magazyn swobodnych narzędzi, wprowadzanych do pracy automatycznie i pojedynczo (centrum tokarskie).

Poniżej przedstawiona została budowa tokarki sterowanej numerycznie (rys. 2.3) oraz centrum tokarskiego (rys. 2.4).



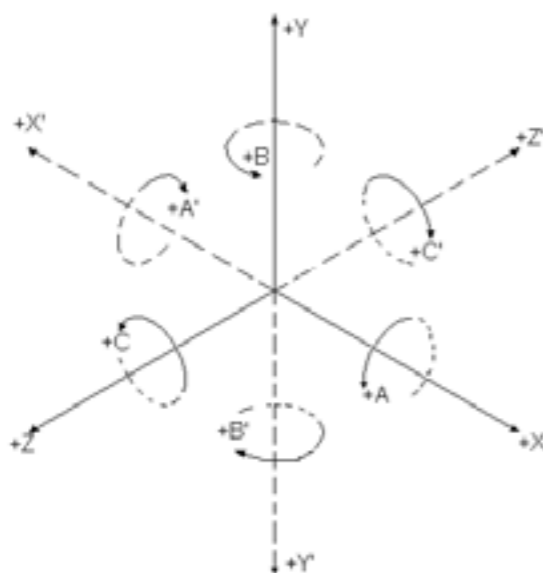
Rys. 2.3. Tokarka CTX 310 eco: 1– 12-to pozycyjna głowica rewolwerowa, 2 – automatycznie przesuwany konik, 3 – prowadnice liniowe, 4 – wrzeciono, 5 – toże [3]



Rys. 2.4. Centrum tokarskie GMX 200: 1 – wrzeciono główne, 2 – wrzeciono pomocnicze, 3 – głowica rewolwerowa, 4 – głowica frezarska, 5 – łożo [3]

3. Osie i ruchy w obrabiarkach sterowanych numerycznie

Automatyzacja ruchów w obrabiarkach wymaga sformalizowanego ich opisu, aby informacje geometryczne były jednoznaczne. Opis ruchów w obrabiarkach odbywa się w układzie współrzędnych prostokątnych (rys. 3.1), którego początek jest związany z obrabiarką. Poza układem współrzędnych związanym z obrabiarką wykorzystuje się inne układy, np. związany z przedmiotem obrabianym.

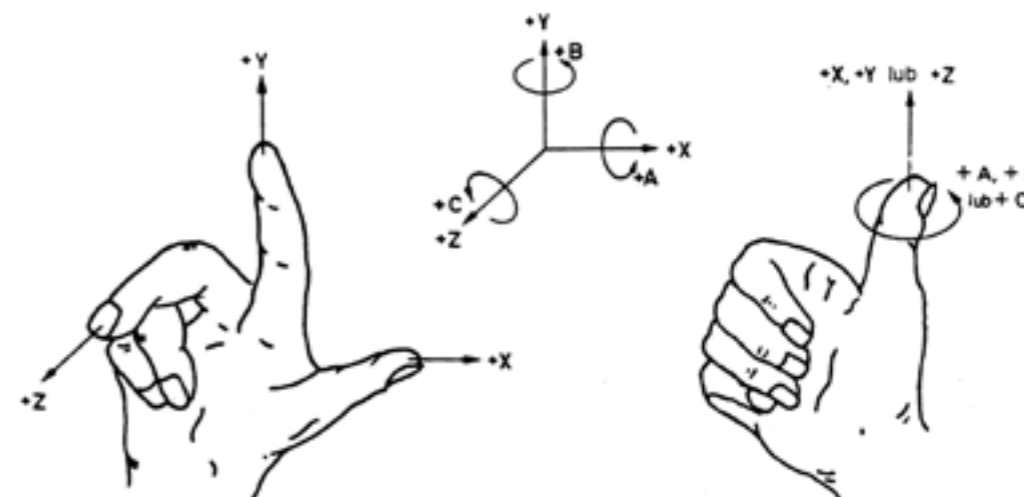


Rys. 3.1. Układ współrzędnych obrabiarki sterowanej numerycznie [4]

Oznaczenia osi współrzędnych i kierunków ruchów zespołów roboczych obrabiarek ustala się w ten sposób, aby programowanie operacji obróbki było niezależne od tego czy przemieszcza się narzędzie, czy przedmiot obrabiany. Przyjmuje się przy tym następujące zasady:

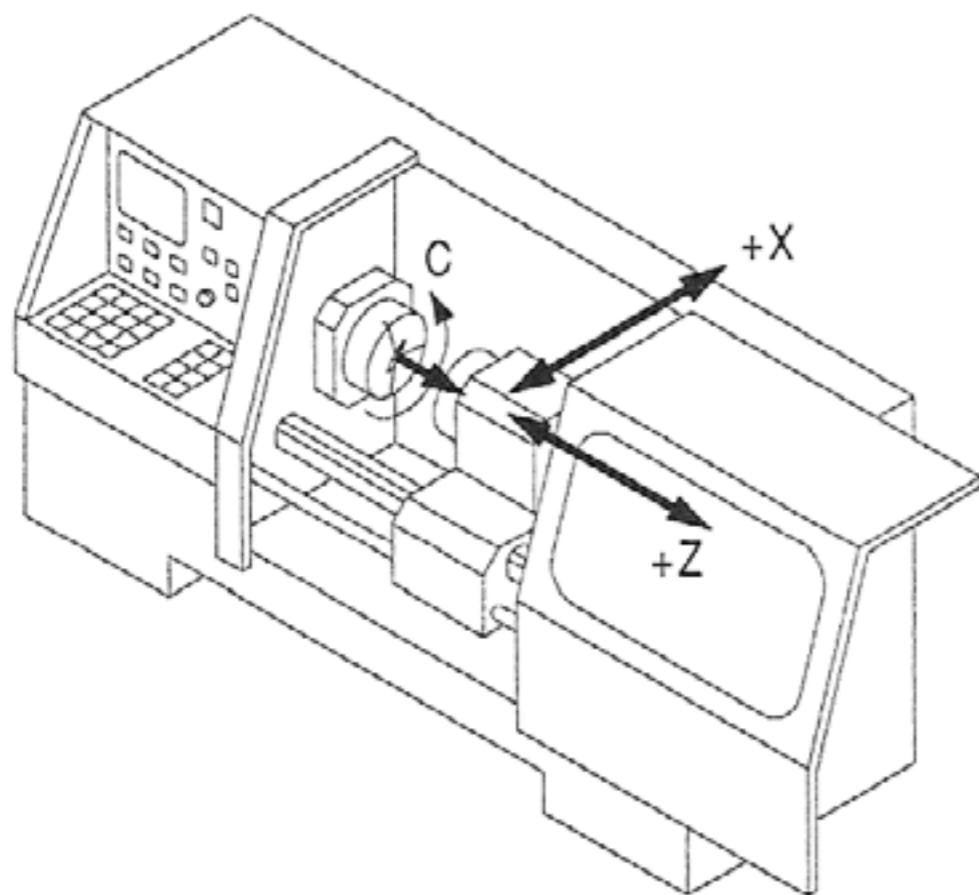
- podstawowy układ osi współrzędnych obrabiarki jest układem prostokątnym prawoskrętnym, odniesionym do przedmiotu zamocowanego na obrabiarce. Osie współrzędnych układu podstawowego są równoległe do głównych prowadnic obrabiarki,
- dodatni zwrot ruchu zespołu roboczego obrabiarki ustala się zwrotu ruchu narzędzia od przedmiotu obrabianego, tzn. ruch zespołu sterowanego w tym kierunku powoduje powiększenie wymiaru przedmiotu obrabianego,
- osie układu podstawowego oznaczają się dużymi literami X, Y, Z. Ruchy obrotowe dookoła osi równoległych do osi X, Y, Z oznaczają się odpowiednio literami A, B, C,
- jeżeli w obrabiarce oprócz zespołów sterowanych w osiach X, Y, Z występują inne zespoły wykonujące przemieszczenia równoległe do osi układu podstawowego, to osie tych ruchów są oznaczane literami odpowiednio U, V, W. Dodatkowe ruchy obrotowe powinny być oznaczane literami D, E,
- położenie osi Z pokrywa się z osią wrzeciona głównego (np. w tokarkach, wiertarkach, frezarkach, centrach obróbkowych) lub jest prostopadłe do płaszczyzny mocowania przedmiotu obrabianego (np. w strugarkach). Oś X powinna być położona poziomo, równoległe do płaszczyzny mocowania przedmiotu obrabianego. Oś X jest osią podstawową w płaszczyźnie ustawienia przedmiotu obrabianego lub narzędzia. Położenie osi Y wynika z określenia układu współrzędnych jako prostokątnego i prawoskrętnego.

Przy określeniu położenia i kierunków poszczególnych osi sterowania numerycznego praktyczne zastosowanie ma reguła prawej dłoni i śruby prawoskrętnej (rys.3.2).

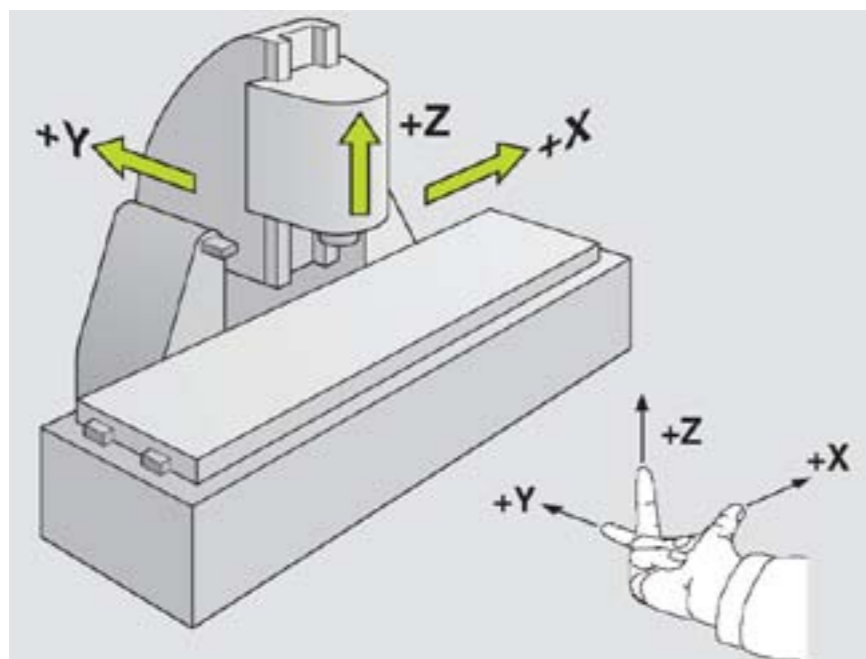


Rys. 3.2. Reguła prawej dłoni i śruby prawoskrętnej [4]

Przykłady tokarki i frezarki pionowej z naniesionymi układami współrzędnych przedstawione zostały na rys. 3.3 i rys. 3.4.



Rys. 3.3. Układ współrzędnych tokarki.



Rys. 3.4. Układ współrzędnych frezarki pionowej

4. Punkty zerowe i referencyjne obrabiarek CNC

	M	punkt zerowy obrabiarki
	W	punkt zerowy przedmiotu obrabianego
	R	punkt wyjściowy obrabiarki (punkt referencyjny)
	E	punkt odniesienia narzędzia
	B	punkt ustawienia narzędzia
	A	punkt uchwytu narzędzia
	N	punkt wymiany narzędzia

Punkt zerowy obrabiarki M

Każda obrabiarka sterowana numerycznie pracuje w swym własnym układzie współrzędnych. Punkt zerowy obrabiarki jest punktem wyjścia odnoszącego się do maszyny układu współrzędnych. Jego położenie jest niezmiennie i ustalone przez producenta obrabiarki. Z reguły punkt zerowy w tokarkach CNC znajduje się w punkcie środkowym noska wrzeciona roboczego a we frezarkach pionowych nad lewą krawędzią sań stołu przedmiotu obrabianego.

Punkt wyjściowy obrabiarki (punkt referencyjny) R

Obrabiarka CNC z inkrementalnym układem pomiaru toru ruchu potrzebuje punktu wzorcowego, służącego jednocześnie do kontroli ruchów narzędzia i przedmiotu obrabianego. Jest to punkt wyjściowy obrabiarki. Jego położenie na każdej osi ruchu jest dokładnie ustalone poprzez wyłączniki krańcowe. Współrzędne punktu referencyjnego mają w odniesieniu do punktu zerowego obrabiarki zawsze tę samą wartość liczbową. Jest ona ustawiona na stałe u układzie sterowania CNC. Po włączeniu maszyny należy najpierw, dla wykalibrowania inkrementalnego układu pomiaru toru ruchu, najechać we wszystkich osiach na punkt referencyjny.

Punkt zerowy przedmiotu obrabianego W

Punkt zerowy przedmiotu obrabianego W jest początkiem układu współrzędnych przedmiotu obrabianego. Jego położenie jest ustalane przez programistę według kryteriów praktycznych. Najbardziej korzystne jest ustalenie go w taki sposób, aby możliwe było bezpośrednie przejście do programowania danych wymiarowych z rysunku. Punkt zerowy przedmiotu obrabianego w programach NC może być przesuwany.

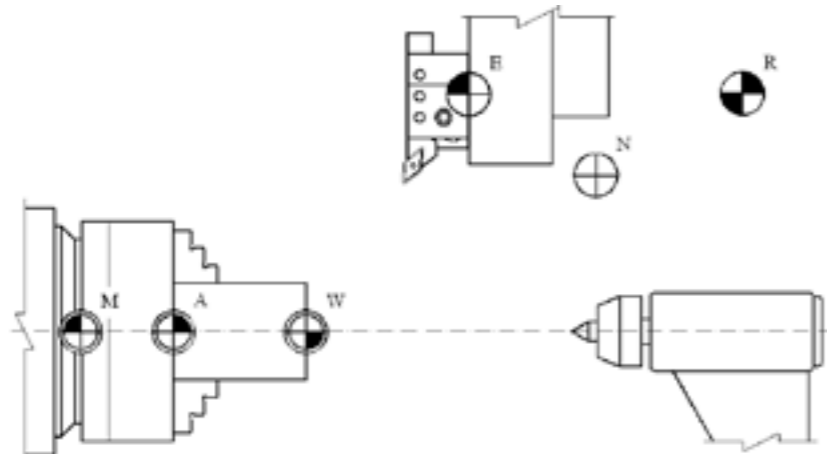
Punkt odniesienia narzędzia E

Punkt odniesienia narzędzia E w obrabiarkach CNC jest stałym punktem na jej saniach narzędziowych. Układ sterowania CNC odnosi początkowo wszystkie współrzędne docelowe do punktu odniesienia narzędzia. Jednak podczas programowania współrzędnych docelowych odnosimy się do końcówki noża tokarskiego lub punktu środkowego narzędzia frezarskiego. Aby końcówki narzędzi mogły być dokładnie sterowane wzdłuż pożądanego toru obróbki, konieczne jest ich dokładne zmierzenie. Pomiar narzędzi realizowany może być poza obrabiarką przy pomocy przyrządu regulacyjnego lub też na obrabiarkach CNC poprzez specjalne układy pomiarowe. Uzyskane wyniki pomiarów narzędzi wprowadzane są do pamięci wartości korekcyjnych w układzie sterowania.

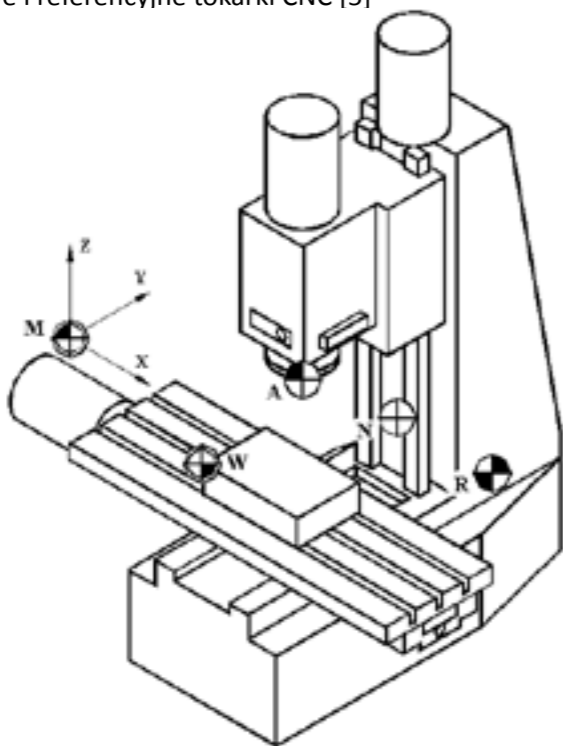
Punkt wymiany narzędzia N

Punkt wymiany narzędzia N jest punktem w przestrzeni roboczej obrabiarki CNC, w którym może nastąpić bezkolizyjna wymiana narzędzi. W większości układów sterowania CNC położenie punktu wymiany narzędzia jest zmienne.

Poniżej przedstawione zostało przykładowe położenie punktów charakterystycznych tokarki sterowanej numerycznie (rys. 4.1) oraz frezarki sterowanej numerycznie (rys. 4.2).



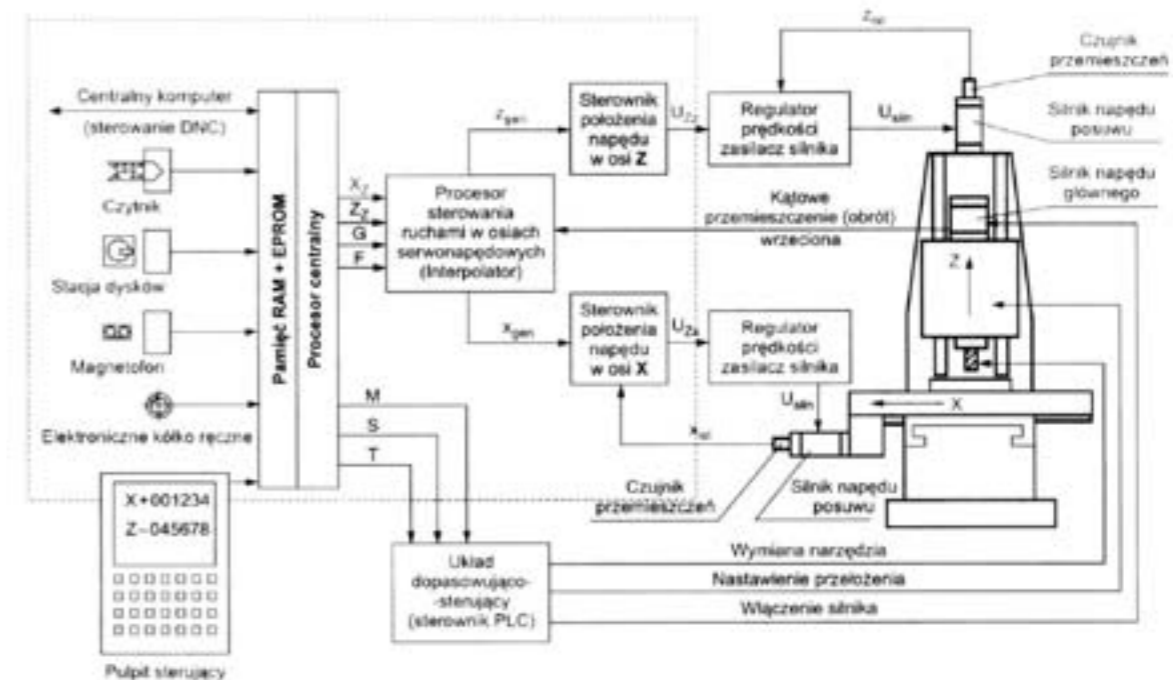
Rys. 4.1. Punkty zerowe i referencyjne tokarki CNC [5]



Rys. 4.1. Punkty zerowe i referencyjne frezarki CNC [5]

5. Sterowanie numeryczne

Jest to system sterowania (rys.5.1), w którym uzyskanie informacji dotyczące kształtu p.o., jak również warunków skrawania oraz czynności pomocniczych, podawane i są wprowadzane do układu sterowania w postaci zakodowanych informacji literowo-cyfrowych (alfanumerycznych).



Rys. 5.1 Schemat funkcjonalny układu sterowania numerycznego [2]

Układy sterowania numerycznego produkowane w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych miały strukturę hardware'ową, oznaczaną jako NC (ang. numerical control). Układy te były wyspecjalizowanym komputerem, realizującym tylko jeden sztywny program wewnętrzny. Współczesne układy sterowania numerycznego mają strukturę komputerową i są oznaczane jako układy CNC (ang. computer numerical control). Podstawowa różnica między sterowaniem numerycznym NC a skomputeryzowanym sterowaniem numerycznym CNC polega na tym, że sterowanie numeryczne NC nie wykorzystuje mikroprocesorów i żadnego wewnętrznego programu sterującego, lecz jest systemem sztywno połączonych ze sobą specjalizowanych bloków funkcjonalnych (każdy sygnał wejściowy ma swoją ścieżkę prowadzącą do jednego wyjścia).

5.1. Interpolatory w nowoczesnych układach CNC

Interpolator jest najważniejszym blokiem funkcjonalnym w układzie sterowania numerycznego. Jest on urządzeniem, które umożliwia sterowanie dwóch lub więcej niezależnych mechanizmów posuwu tak aby ruch wypadkowy odbywał się pomiędzy dwoma kolejnymi punktami – zdefiniowanymi w kolejnych wierszach programu [2].

Zadane w programie wartości przemieszczeń są wykorzystywane do realizowania ruchów przez napędy posuwu w sterowanych osiach obrabiarki. W numerycznym sterowaniu kształtowym są zadawane tylko niektóre punkty zarysu, a przez interpolację są wyznaczane wielkości sterujące, jako dokładne zależności drogi od czasu. Generowanie sterujących wartości przemieszczeń odbywa się za pomocą obliczeń numerycznych.

Podczas obróbki punkt narzędzia kształtujący przedmiot obrabiany powinien przemieszczać się wzdłuż toru płaskiego lub przestrzennego, który można rozłożyć na odcinki proste i odcinki krzywoliniowe. Ruch w poszczególnych osiach sterowanych musi być realizowany w sposób ściśle zsynchronizowany, a generowanie przemieszczeń (interpolowanie pośrednich punktów) musi odbywać się zgodnie z określonymi zasadami. Zasady te są określone przez podanie rodzaju interpolacji, czyli odpowiedniej funkcji przygotowawczej.

Rodzaj interpolacji określa, na jakiego kształtu linii leżą interpolowane punkty pośrednie. Stosowane są następujące rodzaje interpolacji:

- liniowa, standardowo interpolacja w trzech osiach, jako opcja w większej liczbie osi,

- kołowa, standardowo interpolacja w dwóch osiach,
- helikalna, po linii śrubowej,
- typu Spline,
- wielomianowa.

Interpolacja liniowa

Interpolacja liniowa jest interpolacją w wyniku, której zespół roboczy obrabiarki może poruszać się po torze o obwiedni linii prostej.

Interpolacja kołowa

W wyniku interpolacji kołowej punkt na krawędzi skrawającej narzędzia porusza się po łuku koła ze stałą prędkością wzdłuż toru. Punktem wyjścia jest przedstawienie toru ruchu w postaci parametrycznej. Przyjmuje się, że interpolacja kołowa jest zawsze ograniczona do jednej z trzech głównych płaszczyzn układu odniesienia. Łuk koła może być opisany przez:

- współrzędne środka koła oraz punkt początkowy i końcowy,
- promień i współrzędne punktu końcowego,
- współrzędne punktu początkowego, końcowego i pośredniego.

Interpolacja helikalna

Interpolacja helikalna jest interpolacją po linii śrubowej. Rozróżnia się interpolację typu:

- Interpolacja po linii śrubowej 2D+1. Jest ona przeznaczona szczególnie do obróbki gwintów zewnętrznych i wewnętrznych na powierzchni wal-cowej przez toczenie lub frezowanie. Linie śrubową otrzymuje się w wyniku złożenia dwóch ruchów: ruchu po okręgu i ruchu postępowego prostopadłego do płaszczyzny okręgu.
- Interpolacja po linii śrubowej 2D+n. Przeznaczona jest ona do obróbki gwintów na powierzchniach złożonych, np. na powierzchniach stożkowych. Linie śrubową otrzymuje się w wyniku złożenia ruchów w więcej niż dwóch osiach. Zaprogramowany posuw odnosi się do specjalnie wybranych w programie osi.

W obu przypadkach przemieszczenie uzyskuje się przez zliczanie impulsów generowanych w określonych odstępach czasu, w takcie określonym przez przemieszczenie kątowe wrzeciona.

Interpolacja typu Spline

Interpolacja typu Spline umożliwia uzyskanie bardzo gładkiego przebiegu krzywej, gdy dysponuje się opisem tylko niektórych punktów pomocniczych położonych na zadanym konturze. Punkty pomocnicze są łączone wielomianem od pierwszego do trzeciego stopnia. Powstają dzięki temu gładkie przejścia, nie następuje pogorszenie chropowatości powierzchni przedmiotu obrabianego i nie występują duże wartości przyspieszeń. Interpolacja Spline umożliwia przy tym istotne zmniejszenie liczby bloków programowych. Rozróżnia się trzy typy interpolacji Spline:

1. A – Spline, tworzy krzywą przechodzącą po stycznej przez zaprogramowane punkty pomocnicze (wielomian trzeciego stopnia). Powinna być stosowana wtedy, gdy szczególnie istotne są gładkie przejścia przez punkty pomocnicze.
2. B – Spline, zaprogramowane punkty nie są punktami pomocniczymi, lecz tylko punktami kontrolnymi. Powstała krzywa nie przechodzi przez punkty kontrolne, lecz w ich pobliżu (odpowiednio wielomian 1, 2 lub 3 stopnia). Każdemu punktowi kontrolnemu można przyporządkować wagę, określającą zdolność „przyciągania” krzywej przez punkt kontrolny. Dzięki temu osiąga się dokładne odwzorowanie krzywych, będących przekrojami kuli (okrąg, parabola, hiperbola, elipsa). Przeznaczona jest szczególnie do obróbki

powierzchni swobodnych i wywodzi się z systemów CAD.

3. C – Spline, jest najbardziej znaną i najczęściej stosowaną interpolacją typu Spline. Przebiegi przez punkty pomocnicze przechodzą po stycznej w lub sposób łukowy. Stosowane są wielomiany 3 stopnia. Powinna być stosowana wtedy, gdy wymagane są przejścia krzywych po łuku.

Interpolacja wielomianowa

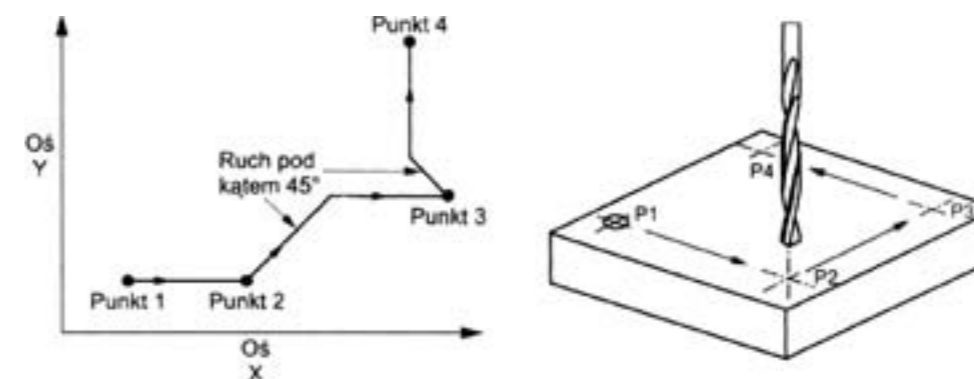
Interpolacja wielomianowa może być prowadzona wtedy, gdy toru ruchu dla poszczególnych osi są opisane funkcjami typu wielomian maksymalnie trzeciego stopnia. Za pomocą interpolacji wielomianowej można osiągnąć różnorodne przebiegi krzywych, jak funkcje liniowe, kołowe, paraboliczne czy pierwiastkowe. Interpolatory niezależnie od rozwiązania konstrukcyjnego realizowane są cyfrowo, co oznacza, że przetwarzanie informacji jest dyskretne. Mogą one być budowane w technice sprzętowej lub programowo. Do tej pory dominowały interpolatory sprzętowe, co ogranicza możliwości tworzenia dowolnych struktur. W nowoczesnych układach CNC charakteryzujących się dużą mocą obliczeniową stosuje się interpolatory realizowane programowo, umożliwiające uzyskiwanie dowolnych torów ruchu.

Interpolacja programowa w stosunku do sprzętowej ma następujące zalety:

- umożliwia uzyskiwanie „gładszej”, czyli ciągłej powierzchni obrabianej,
- dokładność powierzchni (toru) interpolowanej nie ulega poprawie, jest taka sama,
- wyraźnemu zmniejszeniu ulega objętość programu NC (nawet 80÷90%),
- interpolacja sprzętowa, jak każde rozwiązanie sprzętowe, jest bardziej zawodna niż programowa.

5.2. Klasyfikacja układów sterowania numerycznego

I. Ze względu na przebieg drogi narzędzia względem przedmiotu obrabianego (p.o.) Sterowania punktowe (rys. 5.2) – w sterowaniach położeniowych najeżdża się ruchem szybkim na określony punkt docelowy i rozpoczyna się od niego proces obróbki. W sterowaniu punktowym nie ma znaczenia tor poruszania się narzędzia, zalecane jest jednak aby ruch odbywał się po linii prostej z maksymalną prędkością. Jest to najprostszy układ sterowania stosowany w wiertarkach, wytaczarkach, itp.



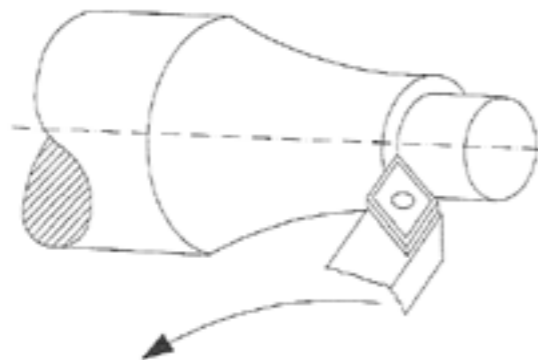
Rys. 5.2 Sterowanie punktowe

Sterowanie odcinkowe (rys. 5.3) – przy pomocy tego rodzaju sterowania można uzyskać przejazdy narzędzi z zaprogramowanym posuwem tylko po torach równoległych do prowadnic obrabiarki. W tym typie sterowania w danej chwili obróbka odbywa się tylko w jednym kierunku. System ten umożliwia frezowanie płaszczyzn, wiercenie, wytaczanie i rozwieranie otworów oraz toczenie wałków pozbawionych powierzchni stożkowych i kulistych.



Rys. 5.3. Sterowanie odcinkowe

Sterowanie kształtowe (ciągłe) (rys. 5.4) – obejmuje wszystkie przypadki, w których narzędzie może przemieszczać się jednocześnie we wszystkich osiach sterowania i ruch ten może w razie potrzeby odwzorowywać kształt przedmiotu obrabianego, którego zarys nie jest równoległy do żadnej z prowadnic obrabiarki.



Rys. 5.4. Sterowanie kształtowe

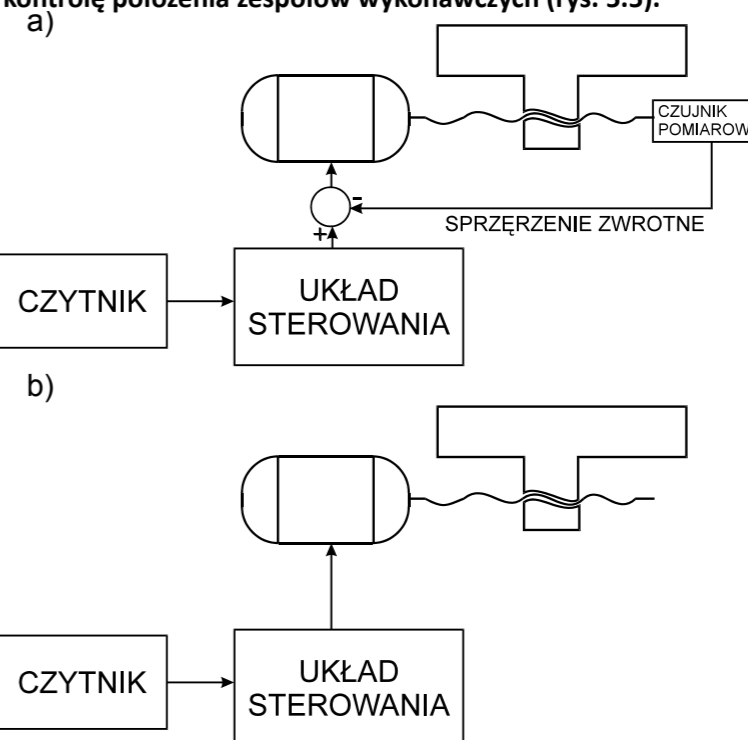
II. Ze względu na strukturę układu sterowania

1. Układy sprzętowe (hardwerowe) – NC.
2. Układy programowe (softwarowe) – CNC.

III. Ze względu na metodę programowania przemieszczeń

1. Przyrostowe.
2. Bezwzględne (absolutne).

IV. Ze względu na kontrolę położenia zespołów wykonawczych (rys. 5.5).



Rys. 5.5. Uproszczone schematy sterowania numerycznego w układzie: a) zamkniętym b) otwartym

5.3. Przykładowe układy sterowania numerycznego

HEIDENHAIN iTNC530



- sterowanie kształtowe do frezarek, wiertarek, wytaczarek oraz centrów obróbkowych,
- maksymalnie 11 osi w układzie zamkniętym oraz sterowanie wrzeciona ze sprzężeniem zwrotnym,
- kolorowy, płaski 15" wyświetlacz,
- klawiatura alfanumeryczna,
- pamięć programów na zintegrowanym dysku twardym,
- format programu: konwersacyjny HEIDENHAIN lub zgodny z DIN/ISO,
- import plików w formacie DXF,
- zewnętrzne programowanie w systemach CAD/CAM lub na stacjach programistycznych,
- dialogowe programowanie konturów,
- wsparcie użytkownika: grafika podczas programowania, weryfikacja graficzna, tryb graficzny podczas wykonywania programu,
- pomoce programistyczne: cykle (frezarskie, wiertarskie, wytaczarskie), programowanie parametryczne, transformaty współrzędnych, podprogramy,
- obróbka 5–cio osiowa z TCPM (Tool Center Point Management) i kompensacją narzędzia 3D,

- pochylenie płaszczyzny roboczej i obróbka ze stołem obrotowym,
- obróbka HSC,
- monitorowanie kolizji (opcjonalne),
- tabele: narzędzi, punktów zerowych, palet,
- połączenie z kółkiem elektronicznym, sondami pomiarowymi przedmiotowymi i narzędziowymi,
- interfejsy danych: Ethernet, RS-232-C/V.24, RS-422/V.11, USB 1.1.

SINUMERIK 840D sl

Jest odpowiednim rozwiązaniem dla wielu różnorodnych technologii, jak toczenie, frezowanie, szlifowanie, obróbka laserowa, wycinanie lub wykrawanie. Doskonale sprawdza się zarówno przy produkcji małej, jak wielkoseryjnej, produkcji form oraz matryc, przy aplikacjach z dużą prędkością skrawania, obróbce drewna i szkła, w liniach obróbczych, a także w obrotowych maszynach indeksowych.

Cechy charakterystyczne:

- obsługa maksymalnie 31 osi,
- interpolacje: liniowa, kołowa (punkt środkowy i punkt końcowy, punkt pośredni), helikalna, splajnowa, wielomianowa, ewolwentowa,
- przyjazny język programowania (DIN66025),



- programy, podprogramy, skoki wewnątrz programu, funkcje matematyczne,
- prosta budowa systemu z wbudowanymi typowymi złączami komunikacyjnymi Ethernet, PROFINET i PROFIBUS-DP,
- panel sterujący z zintegrowanymi funkcjami CNC i PLC,
- diagnozowanie za pomocą sieci DRIVE-CLiQ® aż do poziomu komponentów wykonawczych systemu CNC,
- proste i szybkie uruchomienie za pomocą automatycznej identyfikacji dołączonych napędów (Plug & Run),
- panel operatora z wyświetlaczem od 7,5 do 15 cali (Opcjonalnie ekran dotykowy),

FANUC 30i-A



- sterowanie kształtowe z funkcjami: frezowania, toczenia, szlifowania, funkcje pomiarowe,
- interpolacja liniowa, kołowa, NURBS, cylindryczna, śrubowa,
- funkcje obróbki 5-cio osiowej,
- interpolacja kołowa 3D,
- maksymalna liczba kontrolowanych osi – 40,
- maksymalna liczba osi ze sprzężeniem zwrotnym – 32,
- maksymalna liczba jednocześnie interpolowanych osi – 24,
- maksymalna objętość programu – 8MB,
- wymiana danych: RS232 DNC1, DNC2 Ethernet PROFIBUS-DP DeviceNet I/O Link II FL-net AS-i
- dostępne z przodu: karty pamięci ATA Flash, CompactFlash™, karta sieciowa, modem,
- kolorowy wyświetlacz do 15”,
- Procesor: Intel Celeron lub Pentium,
- pamięć operacyjna do 1GB,
- dysk twardy od 40 GB,
- programowanie dialogowe Manual Guide.

6. Wybrane cechy konstrukcyjne obrabiarek sterowanych numerycznie

6.1. Napędy główne

Zadaniem napędu głównego stosowanego w obrabiarkach jest uzyskanie ruchu, niezbędnego do wykonania pracy wynikającej z głównej funkcji realizowanej przez obrabiarkę, który jest ruchem o dużej energii.

Wymagania ogólne stawiane napędom stosowanym w obrabiarkach:

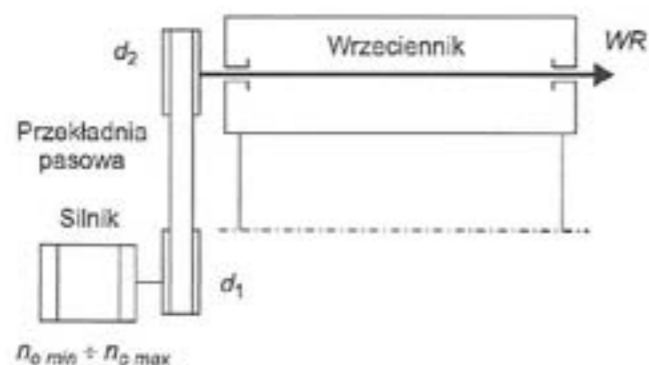
- wymagany zakres prędkości obrotowej silnika,
- dostatecznie dużą moc lub moment napędowy silnika, wystarczający do wykonania pracy,
- dostępność na rynku, dużą sprawność i niski koszt napędu,
- niezawodność oraz łatwość obsługi i konserwacji,
- małe gabaryty i małą masę napędu.

Nowoczesne napędy główne obrabiarek powinny cechować się:

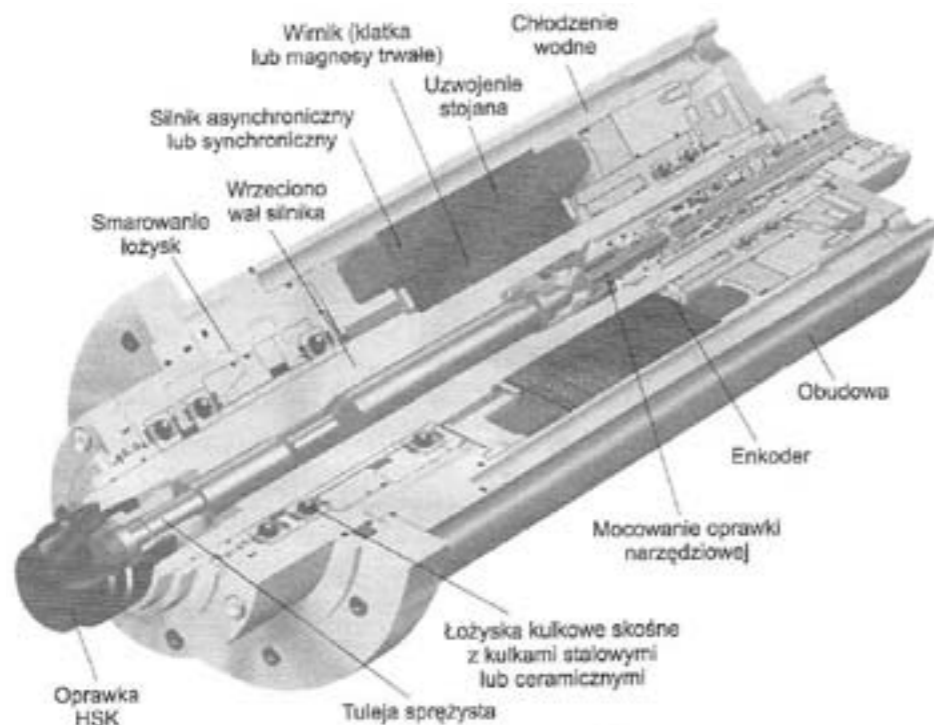
- dużą sztywnością charakterystyki mechanicznej, czyli małym spadkiem prędkości obrotowej wału silnika przy wzroście momentu obciążenia,
- dużym zakresem bezstopniowej zmiany prędkości obrotowej silnika,

- takim przebiegiem dopuszczalnego obciążenia w funkcji prędkości obrotowej, jaki jest dostosowany do technologicznej charakterystyki obciążenia obrabiarki,
- szybkim rozruchem,
- zdolnością do pracy serwonapędowej, tzn. możliwością pozycjonowania przy hamowaniu.

Elektryczne napędy główne prądu przemiennego składają się z asynchronicznego silnika prądu przemiennego zasilanego z falownika częstotliwości, który przez przekładnię pasową z pasem płaskim lub wieloklinowym napędza wrzeciono (rys. 6.1). Nowsze konstrukcje to elektrowrzeciona (rys. 6.2).



Rys. 6.1. Napęd główny z silnikiem prądu przemiennego zasilany z falownika częstotliwości.



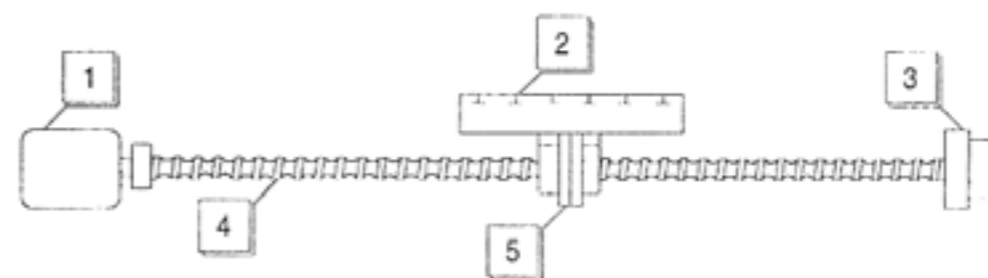
Rys. 6.2. Budowa elektrowrzeciona napędu głównego obrabiarki

6.2. Napędy posuwów [5]

Odpowiednie sanie narzędziowe i stół z obrabianym przedmiotem są poruszane podczas obróbki przez napędy ruchu posuwowego. Ze względu na wysoką dokładność i powtarzalność, napędom ruchu posuwowego stawia się najwyższe wymagania. Poszczególne ruchy wzdłuż osi muszą być wykonywane z dużą prędkością posuwu i z krótkim czasem ustawienia. Dla spełnienia tych wymagań nowoczesny napęd

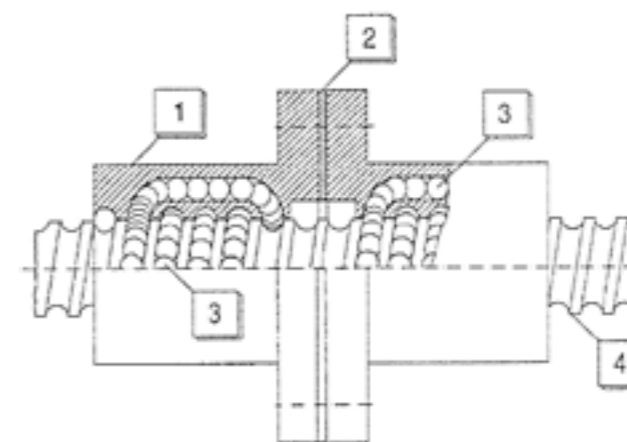
ruchu posuwowego (rys. 6.3) składa się z następujących podzespołów:

- silnik, sprzęgło mechaniczne przeciwko przeciążeniom i układ sterowania elektronicznego,
- przekładnia śrubowo-toczna do pozbawionego luzów przenoszenia mocy,
- czujnik pomiarowy jako układ pomiaru przemieszczenia,
- wzmacniacz mocy z analogowymi lub cyfrowymi złączami do układu sterowania CNC.



Rys. 6.3. Napęd ruchu posuwowego: 1 – silnik napędu posuwowego, 2 – stół roboczy, 3 – system pomiarowy, 4 – śruba pociągowa toczna, 5 – nakrętka toczna [5]

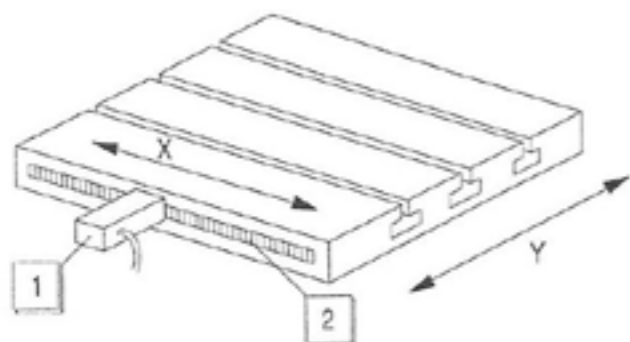
Odwzorowanie wymiaru zapewnia zazwyczaj śruba pociągowa toczna. Po wprawieniu jej w ruch przez silnik nakrętka toczna (rys. 6.4) porusza się prawie bez luzów wzdłuż jej osi i przesuwa sanie narzędziowe lub sanie stołu przedmiotu obrabianego wzdłuż łoża obrabiarki. Dla zapewnienia możliwie niewielkiego luzu obie części nakrętki tocznej są połączone pierścieniem napinającym, przez co osiąga się podczas obróbki wysoką i powtarzalną dokładność wymiarową. Możliwe błędy skoku śruby pociągowej mogą być automatycznie wyrównywane przez układ sterowania CNC.



Rys. 6.4. Przekładnia śrubowa-toczna z bezluzową nakrętką dzieloną 1 – nakrętka toczna, 2 pierścień napinający, 3 – kulki, 4 – śruba napędowa [5]

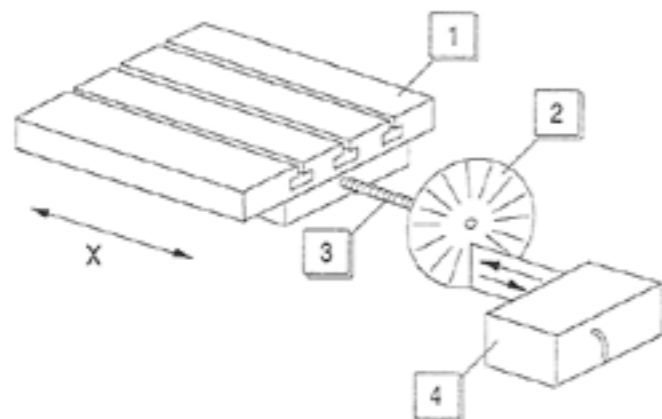
6.3. Systemy pomiaru przemieszczenia [5]

W zależności od rodzaju wykorzystywanego układu pomiarowego, czy też skali pomiaru, rozróżnia się pomiary pozycji bezpośrednie i pośrednie, jak też absolutne (całościowe) i inkrementalne (przyrostowe). Przy pomiarze bezpośrednim (rys. 6.5) skala jest umocowana na saniach lub stole, dzięki czemu niedokładności wrzecion i sprzężeń z napędem nie mają wpływu na wartości mierzone. Wartości mierzone są wykrywane optycznie przez czujnik pomiarowy na siatce skali. Czujnik zmienia określone w ten sposób wartości na sygnały elektryczne i przekazuje je do układu sterowania.



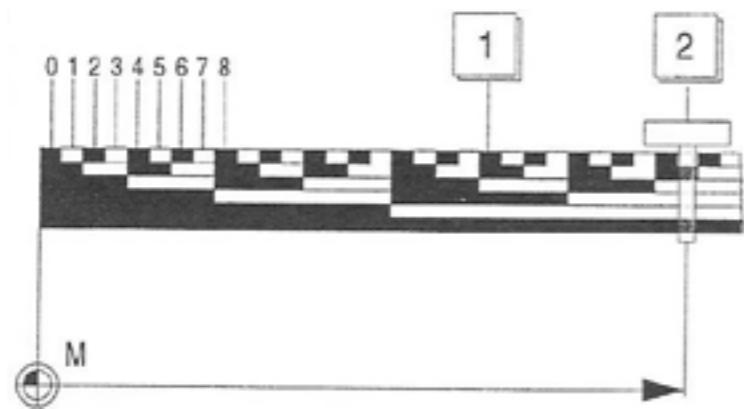
Rys. 6.5. Bezpośredni pomiar przemieszczenia 1 – czujnik pomiarowy, 2 – linia szklany z podziałką

Podczas pomiaru pośredniego (rys. 6.6) ruch mierzony wykonywany jest na śrubie pociągowej, zaopatrzonej w tarczę obrotową ze skalą pomiarową. Ruch obrotowy tarczy jest rejestrowany przez selsyn nadawczy i przekazywany w postaci sygnałów do układu sterowania. Układ sterowania wylicza następnie, na podstawie impulsów, dokładne ruchy sań czy też ich aktualne położenia.



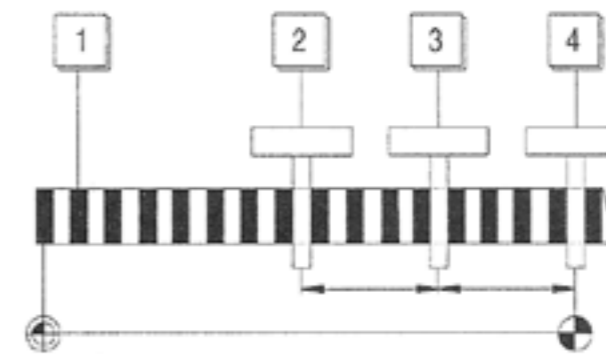
Rys. 6.6. Pośredni pomiar przemieszczenia 1 – sanie, 2 – tarcza obrotowa ze skalą pomiarową, 3 śruba pociągowa, 4 – czujnik [5]

Przy absolutnym pomiarze przemieszczenia (rys. 6.7) zakodowana skala wskazuje bezpośrednio położenie sań, odnoszące się do stałego punktu orientacyjnego w obrabiarce. Punkt ten jest punktem zerowym maszyny, ustalonym przez producenta.



Rys. 6.7. Absolutny pomiar przemieszczenia: 1 – skala zakodowana binarnie, 2 – aktualna pozycja sań narzędziowych [5]

Przy inkrementalnym pomiarze przemieszczenia (rys. 6.8) stosuje się skalę kreskową, składającą się z jasnych i ciemnych pól. Podczas ruchu posuwowego czujnik odczytuje liczbę pól jasnych i ciemnych, wyliczając aktualne położenie sań względem ich poprzedniej pozycji. Układ sterowania musi znać absolutną pozycję, od której przy pomocy pomiaru inkrementalnego można wyliczyć aktualne położenie sań. Dlatego też konieczne jest oznaczenie tej pozycji na obrabiarce jako punkt referencyjny (punkt wyjściowy obrabiarki). Zespoły wykonawcze obrabiarki dojeżdżają do tego punktu po każdorazowym włączeniu układu sterowania numerycznego.



Rys. 6.8 Inkrementalny pomiar przemieszczenia, 1 – linia kreskowy, 2 – poprzednie położenie sań, 3 – nowe położenie sań, 4 – sanie w punkcie referencyjnym [5]

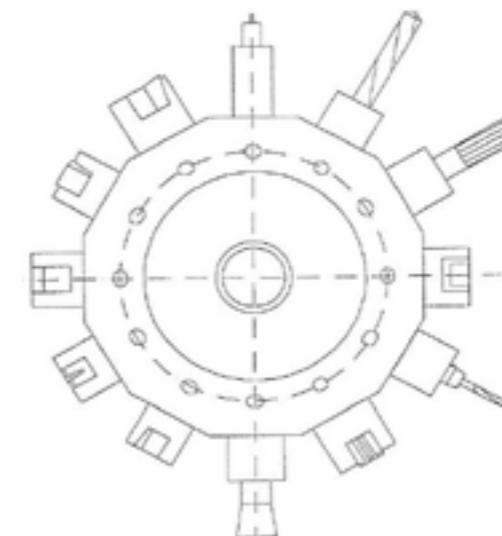
6.4. Urządzenia do wymiany narzędzi

Obrabiarki CNC są wyposażone w sterowane, automatyczne urządzenia do wymiany narzędzi. W zależności od typu i zastosowania urządzenia te mogą przyjmować różne ilości narzędzi i ustawiać wybrane przez program NC narzędzie w położeniu wyjściowym i roboczym.

Najczęściej spotykanymi rodzajami tego typu urządzeń są:

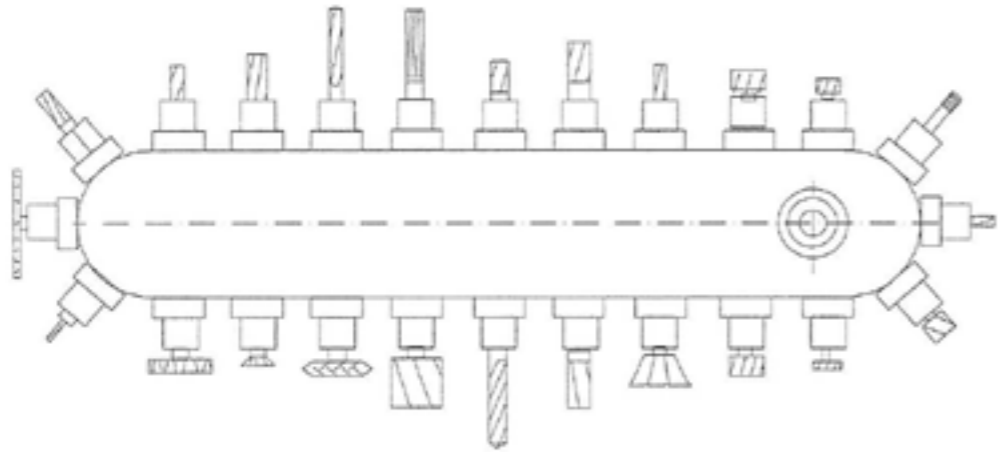
- głowica rewolwerowa,
- magazyn narzędzi.

W zależności od wielkości najczęściej spotykane głowice rewolwerowe (rys. 6.9) mają od 8 do 16 miejsc na narzędzia. W przypadku wywołania w programie NC nowego narzędzia, głowica rewolwerowa obraca się do zadanego położenia roboczego odpowiadającego numerowi gniazda, w które włożone jest wywoływane narzędzie.



Rys. 6.9 Głowica rewolwerowa [5]

W przypadku centrum obróbkowego gdzie w trakcie obróbki wymagana jest większa ilość narzędzi, stosuje się magazyny narzędzi. Istnieją magazyny podłużne, bębnowe (pierścieniowe), tarczowe (talerzowe), tańcuchowe (rys. 6.10) i kasetowe.



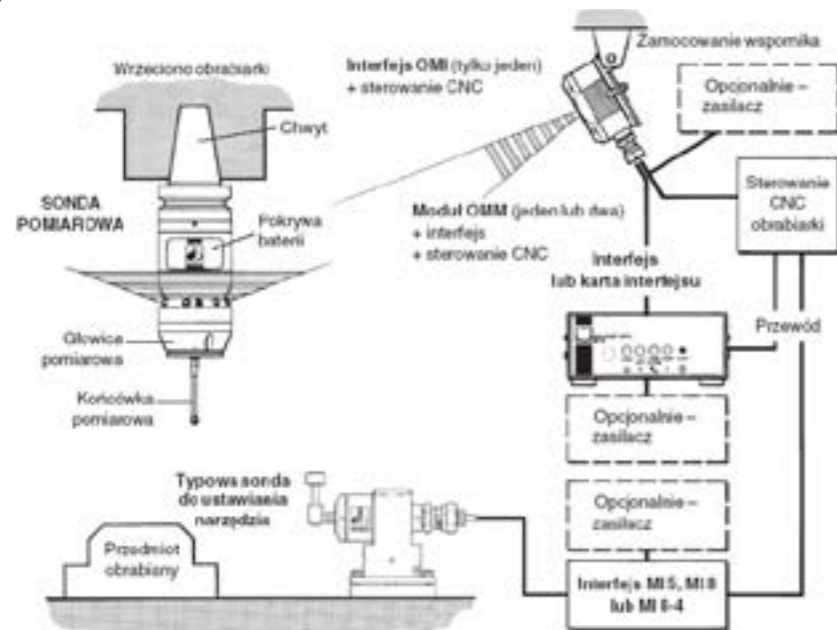
Rys. 6.10. Magazyn tańcuchowy [5]

6.5. Sondy pomiarowe na obrabiarkach CNC

Pierwsze sondy elektrostatyczne wynaleziono na początku lat siedemdziesiątych. Fakt ten zrewolucjonizował rozwój współrzędnościowych maszyn pomiarowych jako standardu do pomiaru elementów trójwymiarowych. Sondy pomiarowe stosowane na obrabiarkach sterowanych numerycznie pojawiły się dopiero w połowie lat osiemdziesiątych i od razu zostały zaakceptowane przez największych światowych producentów obrabiarek.

Zastosowanie sond w celu ustawienia obrabiarek sterowanych numerycznie spowodowało skrócenie czasu nawet o 90%, a także poprawę kontroli procesu.

Obecnie powszechnie stosowane są sondy do pomiaru przedmiotu obrabianego oraz sondy narzędziowe (rys. 6.11).



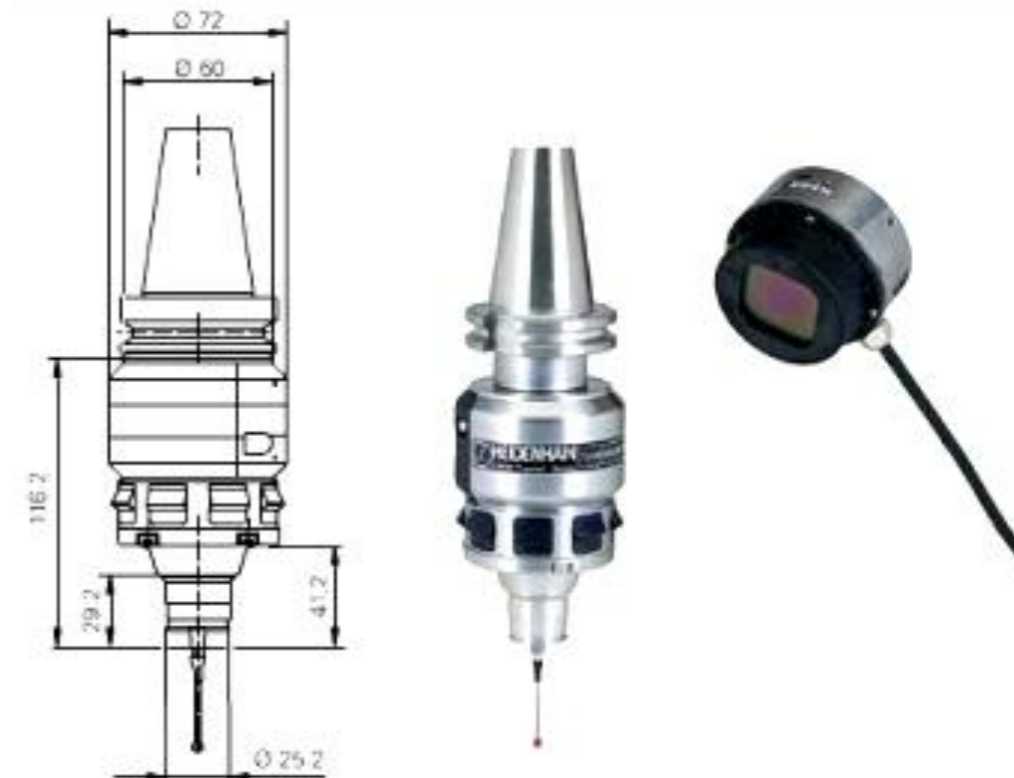
Rys. 6.11. Schemat rozmieszczenia stanowiska pomiarowego na obrabiarkach numerycznych nowej generacji [6]

Pomiary w przestrzeni roboczej obrabiarki umożliwiają:

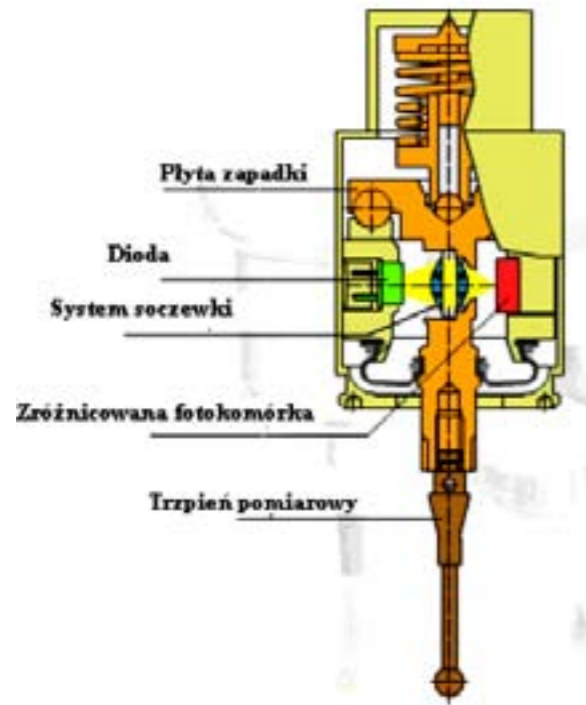
- sprawdzenie poprawności najistotniejszych wymiarów przedmiotów obrabianych i ewentualnie automatyczną korektę programu obróbki,
- odpowiednie wczesne wykrycie braków, uzasadniających wyłączenie ich z dalszej obróbki,
- ocenę zużycia ostrza narzędzia,
- zmianę ustawienia narzędzia lub jego zmianę na nowe.

Sonda przedmiotowa optyczna firmy HEIDENHAIN

Sonda TS 640 HEIDENHAIN jest przykładem sondy bezprzewodowej. Łączy się ona przez podczerwień z odbiornikiem sygnału współpracującym z układem sterowania numerycznego. Strumień podczerwieni transmituje poszczególne sygnały. Sygnał startowy przekazany do sondy aktywuje ją, a sygnał gotowości powracający z sondy informuje że jest ona gotowa do działania. Sonda posiada również jedną bardzo przydatną funkcję, którą jest możliwość oczyszczania z luźnych cząstek przez sprężone powietrze lub płyn chłodzący. Oczyszczanie odbywa się przez umieszczone kanaliki w dole sondy. Sonda TS 640 wykorzystywana jest przede wszystkim w pomiarach przedmiotu obrabianego oraz w ustawianiu punktu zerowego przedmiotu obrabianego. Sonda wraz z odbiornikiem sygnału przedstawiona została na rys. 6.12. Rys. 6.13 ilustruje budowę zespołu pomiarowego sondy.



Rys. 6.12. Sonda TS 640 HEIDENHAIN [7]



Rys. 6.13. Zespół optyczny pomiarowy sondy przedmiotowej [7]

Tabela 1. Przykładowe parametry sondy TS 640

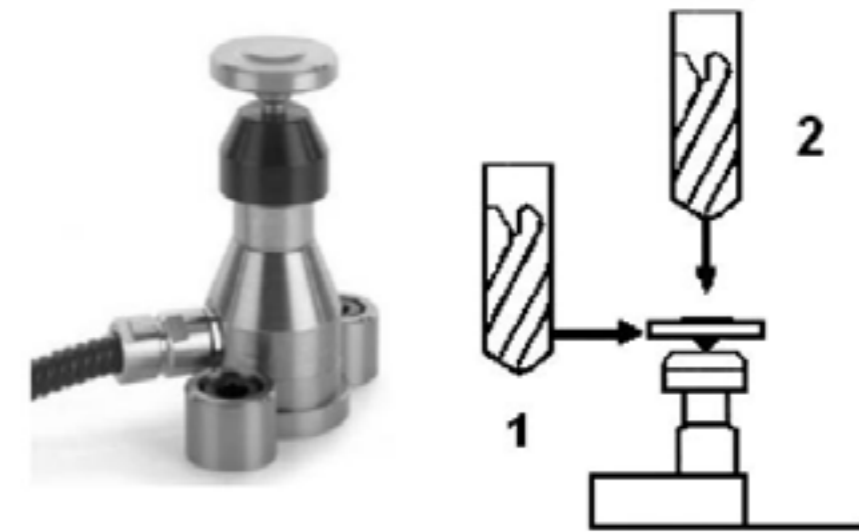
Dokładność pomiarów	$\leq \pm 5 \mu\text{m}$
Powtarzalność	1 μm przy prędkości pomiaru 1m/min
Maksymalne odchylenie podczas pomiaru	5 mm we wszystkich kierunkach
Prędkość pomiarów	3 m/min
Nacisk pomiarowy	7 N
Masa	1,1 kg

Sondy narzędziowe

Stykowa sonda narzędziowa TT 130 HANDENHAIN.

Sondy tego typu używane są do pomiaru promienia i długości narzędzi. Urządzenie mocowane jest na stole za pomocą dwóch śrub i może przebywać w przestrzeni maszyny podczas pracy. Aby pomiar był dokładny TT 130 (rys. 6.14) musi być usytuowana pionowo aby zapewnić optymalną ochronę przed zanieczyszczeniami. Pomiar może być dokonany przy wyłączonym i jak zarówno włączonym wrzecionie. Stopień zabezpieczeń i solidność wykonania powodują że sonda jest odporna na chłodziwo i wióry powstałe podczas procesu skrawania.

Charakterystyczną cechą jest tzw. talerzyk umieszczony w górnej części sondy, z którym styka się mierzone narzędzie. Urządzenie umożliwia pomiary dla obracającego się narzędzia z prędkością do 1000 obr/min. Podczas pomiarów narzędzie mierzone obraca się w przeciwną stronę niż skrawa. Sonda jest odporna na wióry powstałe podczas obróbki skrawaniem i wpływ chłodziw. Dokładność pomiaru wynosi 15 μm .



Rys. 6.14. Sonda narzędziowa TT 130 [7]

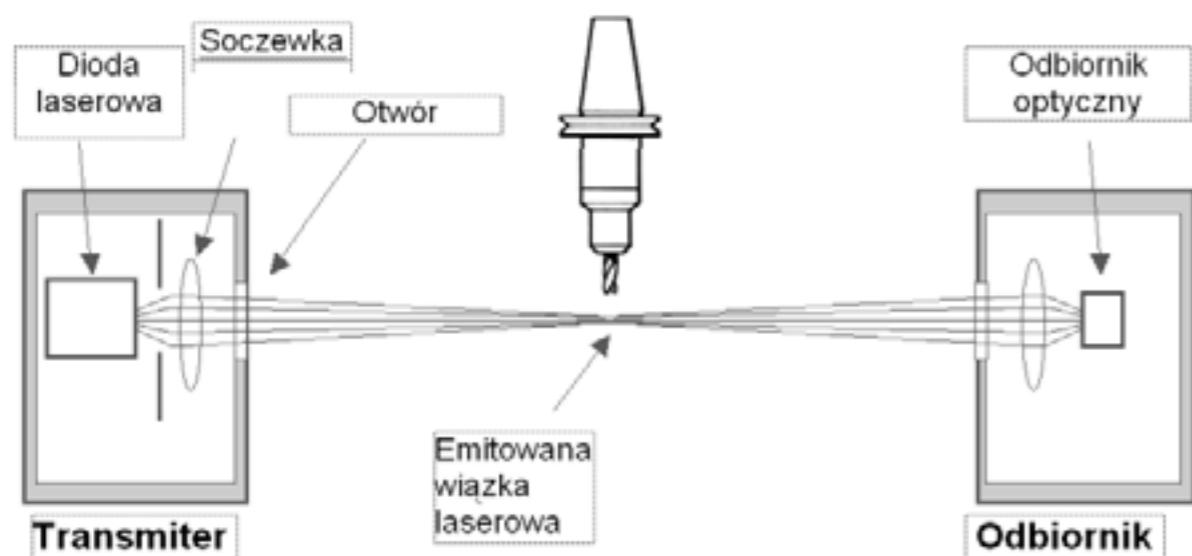
Sonda narzędziowa bezstykowa NC3 Renishaw.

Sondy NC 3 (rys. 6.15) przeznaczona jest do pomiaru narzędzi frezarskich, tokarskich i wiertarskich z wykorzystaniem wiązki lasera.



Rys. 6.15. Sonda narzędziowa NC3 Renishaw [6]

Sondy tego typu wyposażone są w diodę laserową emitującą wiązkę światła o średnicy 2,2 mm (rys. 6.16). Wiązka wysyłana jest z transmitera do odbiornika. Maksymalna odległość między transmiterem a odbiornikiem wynosi 5 m. System tego typu umożliwia pomiar długości narzędzi od 0,2 mm oraz kontrolę zużycia narzędzi o średnicach od 0,1 mm. Pomiar może dokonywać się w dowolnym miejscu wiązki. Sonda jest odporna na zanieczyszczenia w postaci wiórów i chłodziwa. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu technologii Micro-Hole™ oraz stałego przedmuchu powietrzem o ciśnieniu 1,5 bara.



Rys. 6.16. Zasada działania sondy bezstykowej [6]

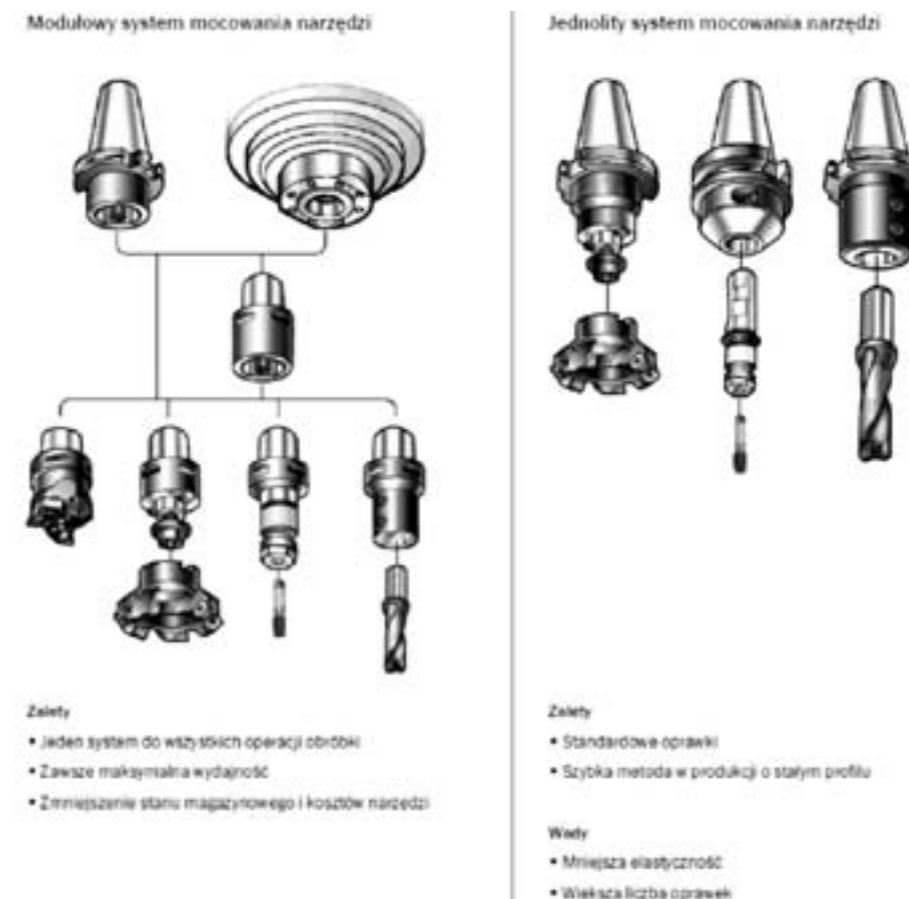
Systemy bezdotykowe NC występują w odmianie związanej F (F – fixed) oraz rozdzielonej S (S – separated). Systemy rozdzielone mogą być montowane poza stołem obrabiarki, a nawet w ścianach kabiny obrabiarki, co pozwala uniknąć ograniczeń w przestrzeni obróbkowej. Mogą być stosowane zarówno na obrabiarkach nowych, i jak już użytkowanych. Wykrywalne uszkodzenie narzędzia wynosi 0,1 mm. Dostępne oprogramowanie umożliwia określanie wymiarów narzędzi, takich jak: frezy palcowe, tarczowe, wiertła, wytaczaki, głowice frezarskie oraz różnych typów noży tokarskich. Możliwe jest również sprawdzanie kształtów narzędzi, takich jak frezy kształtowe i narzędzia specjalne (wytaczaki jedno i dwustronne). Podstawową funkcją oprogramowania jest automatyczna zmiana wartości korekcji (offsetu) narzędzia. Umożliwia to eliminację braków (od pierwszego wykonanego przedmiotu) oraz zwiększenie wydajności obróbki (poprzez skrócenie czasów ustawczych oraz przygotowawczo-zakończeniowych), a także maksymalne wykorzystanie dopuszczalnego czasu pracy narzędzi (poprzez wyznaczenie tolerancji zużycia dopuszczalnej dla poszczególnych narzędzi).

7. Systemy narzędziowe CNC do toczenia i frezowania [8]

W przeciwieństwie do konwencjonalnych obrabiarek w obrabiarkach CNC są stosowane specjalne narzędzia, spełniające następujące kryteria:

- wyższa wydajność skrawania przy wysokiej trwałości,
- krótsze czasy wymiany i mocowania, umożliwiające ekonomiczne wytwarzanie coraz mniej licznych partii,
- wprowadzenie standardu narzędzia i jego racjonalizacja,
- poprawa możliwości zarządzania narzędziami i elastyczne systemy wytwarzania.

Narzędzia NC są jednoczęściowe lub składają się z ostrza i oprawki. Dla zapewnienia szybkiej wymiany narzędzia i ich wymienności uchwyty są znormalizowane. Wśród uchwytów narzędziowych ukształtowały się specjalne formy, różniące się w zależności od danego sposobu obróbki. Przy narzędziach tokarskich stosuje się przede wszystkim chwyt cylindryczny z uzębieniem, natomiast przy narzędziach frezarskich stożek niesamohamowny. W chwili obecnej stosowane są dwa systemy mocowania narzędzi (rys.7.1): modułowy i jednolity.



Rys. 7.1. Systemy mocowania narzędzi [8]

7.1. Uchwyty narzędzi [8]

Utrzymującej się tendencji skracania czasów obróbki, z jednoczesnym zachowaniem bardzo wysokich wymagań, odnoszących się do dokładności wytwarzania i niezawodności procesu produkcyjnego, można sprostać tylko przez skoordynowanie układu obrabiarka–narzędzie–uchwyt. Powstają przy tym następujące szczegółowe wymagania, wynikające z procesu roboczego:

Dla obrabiarki:

- wysoka sztywność,
- izolacja fundamentu zabezpieczająca przed przenoszeniem drgań,
- lekka konstrukcja części ruchomych,
- duża dokładność ruchu obrotowego wrzeciona,
- odpowiednia siła osadzenia wrzecion obrabiarki,
- inteligentne sterowanie.

Dla narzędzia:

- wysoka dokładność ruchu obrotowego,
- wysoki stopień dokładności wyważania,
- wysoka trwałość (materiał narzędzia skrawającego, powłoka.).

Dla uchwytu narzędziowego:

- wysoka dokładność ruchu obrotowego,
- odpowiedni stopień dokładności wyważania.

Prowadzi to do powstania następujących podstawowych wymagań dla nowoczesnych konstrukcji uchwytów narzędzi:

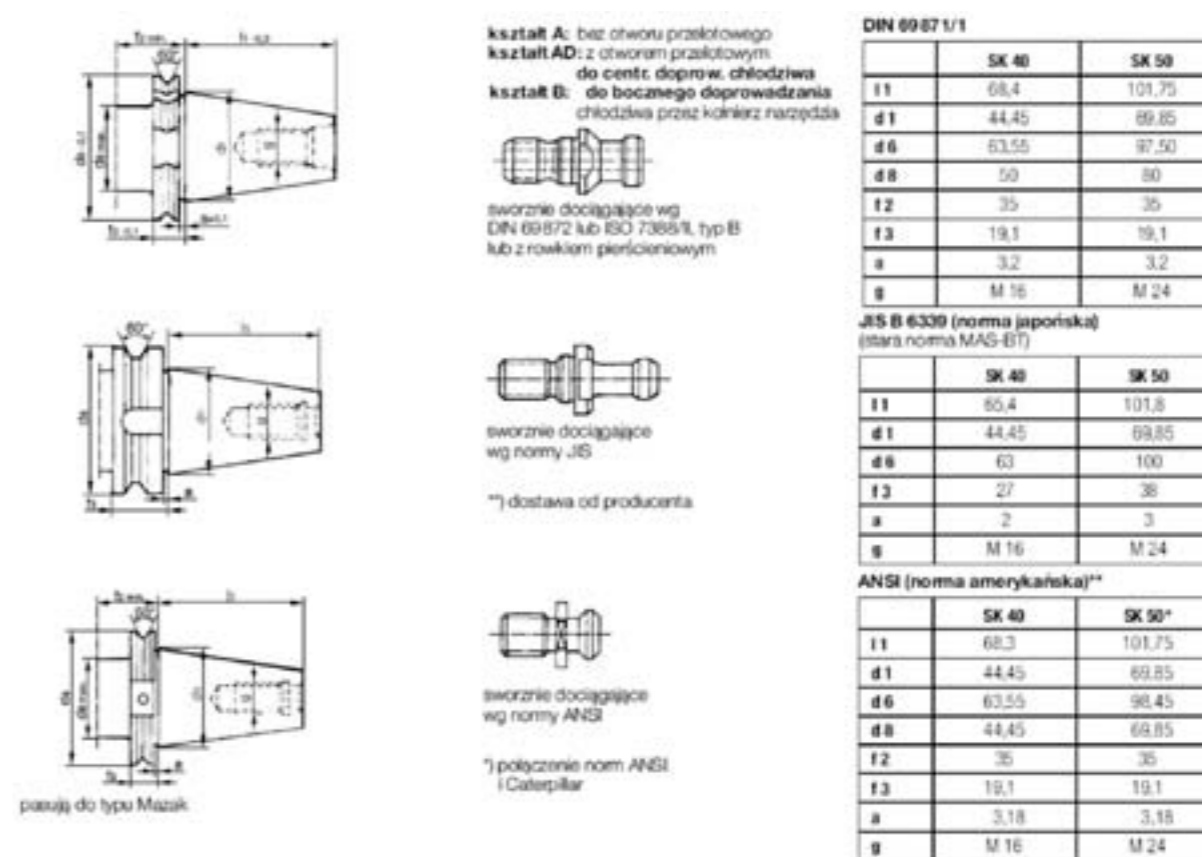
- wysoka sztywność statyczna,
- bardzo wysoka obciążalność dynamiczna,
- bardzo wysoka dokładność,
- przydatność do wysokich prędkości obrotowych.

7.1.1. Uchwyty ze stożkiem niesamohamownym (SK)

Do automatycznej albo ręcznej wymiany wiertel lub frezów stosowane są uchwyty ze stożkiem niesamohamownym, zwłaszcza według norm: DIN 69871, DIN 2080 albo JIS B6339 (MAS-BT). Stożki niesamohamowne narzędzi (stożek 7:24) są łączone z wrzecionem maszyny za pomocą dodatkowych przyrządów mocujących. Różne powierzchnie ustalające zabieraków służą do utrzymywania i pozycjonowania narzędzia w przyrządach lub magazynie obrabiarki (rys.7.2). Najczęściej stosowanymi uchwytami SK jest według DIN 69871 kształt AD/B z rowkiem trapezowym i rowkiem ustawczym. Kształt AD/B jest kombinacją otworu przelotowego (AD) do centralnego doprowadzania cieczy chłodząco-smarującej lub centralnego doprowadzania cieczy chłodząco-smarującej bocznie, przez kołnierz (B). Przy małych obciążeniach moment obrotowy jest przenoszony przez zamocowanie stożka siłą tarcia. Przy większych momentach i obciążeniach udarowych, główny udział w przenoszeniu momentu obrotowego mają kamienie zabierakowe. Są one asymetrycznie rozmieszczone na powierzchni czołowej wrzeciona, aby zagwarantować odpowiednie ustawienie narzędzia.

Chwyty narzędzi według DIN 69871/JIS B6339 są wyposażone w sworznie dociągające i przy zastosowaniu wymiennika narzędzi mogą być bardzo szybko wymieniane automatycznie.

Chwyty narzędzi według DIN 2080 są wkręcane we wrzeciono ręcznie, za pomocą pręta dociągającego z gwintowanym sworzniem. Wskutek ręcznego wkręcania wymiana narzędzia wymaga dłuższego czasu niż wymiana automatyczna. Dlatego DIN 2080 odgrywa coraz bardziej drugorzędną rolę.



Rys. 7.2. Chwyty ze stożkiem niesamohamownym SK [8]

Zaletami stożków niesamohamownych są symetryczna konstrukcja, łatwość produkcji i samoczynne centrowanie. Wadą jest jednak powiększanie się stożka wrzeciona wskutek wysokiej prędkości obrotowej (odkształcenie pod wpływem siły odśrodkowej) i możliwość przesunięcia osiowego narzędzia wskutek działania siły wciągającej we wrzeciono, utrzymującego się także po zatrzymaniu wrzeciona (pasowanie wtłaczane). Poza tym odkształcenie pod wpływem siły odśrodkowej ma tę wadę, że przylegające powierzchnie ulegają zmniejszeniu i tym samym zmniejsza się możliwość przenoszenia momentu obrotowego przez siłę tarcia. W najbardziej niekorzystnym przypadku może dojść do przesunięcia narzędzia. Wskutek osiowego przesunięcia przy dużych prędkościach obrotowych zostaje również utracone wstępne ustawienie długości narzędzia za pomocą przyrządu ustawczego. Niekorzystny wpływ może mieć też sworznie dociągający (AB). Po pierwsze AB jest częścią ulegającą zużyciu (= dodatkowe koszty!), po drugie, sworznie AB o obniżonej jakości może spowodować niewłaściwy rezultat obróbki (wciąganie ukośne, jednostronne obciążenie łożyska wrzeciona i stożka, mała dokładność ruchu obrotowego) i tym samym krótszą trwałość narzędzia i ułożyskowania wrzeciona.

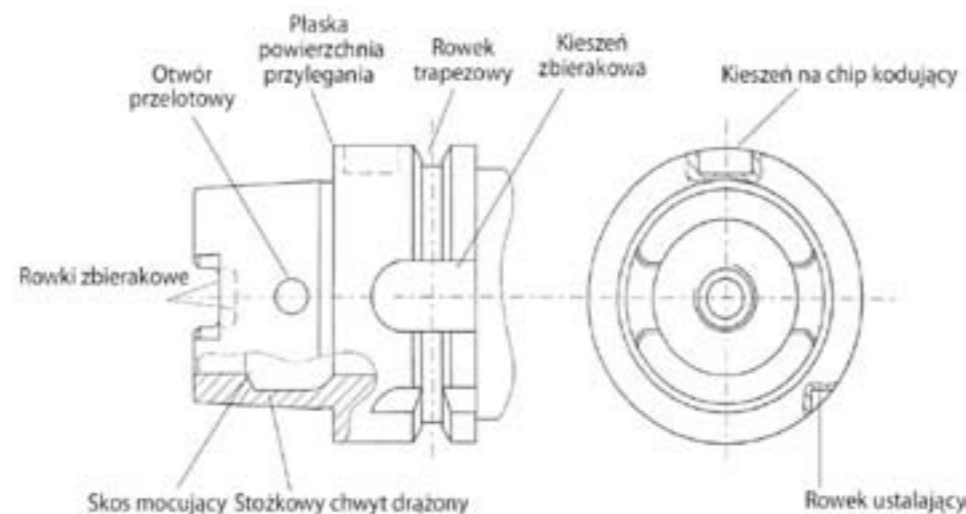
7.1.2. Stożkowe chwyty drążone (HSK)

W przypadku drążonego chwytu walcowego chodzi o narzędzie ze stożkowym zarysem zewnętrznym (stożek 1:10) i otworem przelotowym (rys. 7.3). Chwyty te znalazły szerokie zastosowanie w obróbce skrawaniem. W nowoczesnych centrach obróbkowych jest stosowany częściej, niż chwyt ze stożkiem niesamohamownym, z uwagi na niżej wymienione zalety:

- dokładność (stałe ustawienie osiowe, dzięki czołowej powierzchni przylegania),
- sztywność (możliwość przejmowania dużych momentów zginających),
- przydatność do wysokich prędkości obrotowych (przenoszenie dużego momentu ob.),
- duża powtarzalność przy wymianie narzędzi,

- wyeliminowanie konieczności używania sworznia dociągającego.

Moment obrotowy jest przenoszony przez połączenie kształtowe, wykonane w postaci dwóch rowków zbierakowych na końcu chwytu o równej szerokości i różnej głębokości, oraz przez połączenie cierne, dzięki istniejącemu wciskowi pomiędzy chwytym i uchwytem. Przyleganie do powierzchni czołowej służy do osiowego ustalenia chwytu HSK w zamocowaniu i do zwiększenia sztywności przy obciążeniu zginającym. Stożkowy chwyt drążony ustala złącze promieniowo i zapewnia miejsce dla umieszczonego wewnątrz systemu mocowania. Otwór przelotowy w chwycie jest konieczny do uruchamiania ręcznych systemów mocowania. Rowek trapezowy, rowki zbierakowe oraz rowek ustalający na kołnierzu służą jako powierzchnie ustalające do automatycznej i zapewniającej właściwe ustawienie wymiany narzędzi. Średnica wewnętrzna kołnierza określa wielkość chwytu HSK.




Rys. 7.3. Elementy funkcjonalne chwytu HSK z płaską powierzchnią przylegania według DIN69893, kształt A [8]

W porównaniu ze stożkiem niesamohamownym, chwyt HSK ma następujące zalety:

- duża powtarzalność dokładności przy wymianie narzędzi,
- stałe ustawienie osiowe, dzięki czołowej powierzchni przylegania,
- przydatność do wysokich prędkości obrotowych,
- wyeliminowanie konieczności stosowania sworznia dociągającego,
- szybsza wymiana narzędzi, dzięki małej długości.

7.2. Uchwyty narzędziowe [8]

7.2.1. Uchwyty zaciskowe

	<p>Uchwyty zaciskowe z boczną powierzchnią zbierakową (chwyt Weldon) według DIN 1835 B i DIN 6535 HB</p> <p>Cecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> – dokładność ruchu obrotowego 0,010 mm (cały układ). <p>Zastosowanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> – mocowanie narzędzi z boczną powierzchnią zbierakową, – chwyt uniwersalny do wiercenia i frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca).
	<p>Uchwyty zaciskowe z zbieżną powierzchnią mocującą (chwyt Whistle-Notch) według DIN 1835 E i DIN 6535 HE)</p> <p>Cecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> – dokładność ruchu obrotowego: 0,010 mm (cały układ). <p>Zastosowanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> – mocowanie narzędzi z chwytem walcowym i zbieżną powierzchnią mocowania (2°), – chwyt uniwersalny do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca), a zwłaszcza do wiercenia, ponieważ skrócenie wskutek kolejnych ostrzy powierzchni czołowej wiertła może zostać skorygowane przez osiową regulację długości w chwycie narzędzia.
	<p>Chwyt zaciskowy do tulei zaciskowych (tuleje zaciskowe OZ) według DIN 6388 - A</p> <p>Cecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> – dokładność ruchu obrotowego: 0,025 mm (cały układ). <p>Zastosowanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> – mocowanie narzędzi z chwytem walcowym w tulejach zaciskowych według DIN 6388, – chwyt uniwersalny do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia. 



Uchwyt zaciskowy do tulei zaciskowych (tuleje zaciskowe ER) według DIN 6499 - A

Cecha:

- dokładność ruchu obrotowego: 0,015 mm (cały układ) = standard,
- dokładność ruchu obrotowego: 0,003 mm możliwa do osiągnięcia = zoptymalizowany uchwyt precyzyjny.

Zastosowanie:

- mocowanie narzędzi z chwytem cylindrycznym w tulejach zaciskowych według DIN 6499,
- uchwyt uniwersalny do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia.



7.2.2. Uchwyty zaciskowe hydrauliczne (HD)



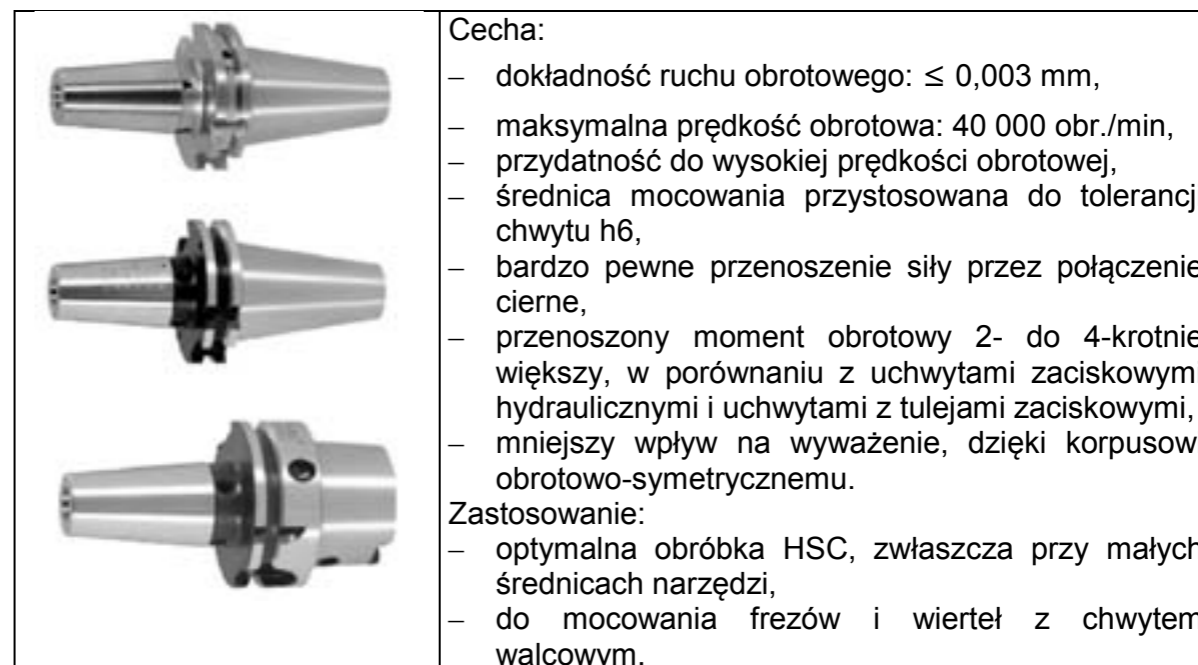
Cecha:

- dokładność ruchu obrotowego: 0,003 mm (przy 2,5xD),
- maksymalna prędkość obrotowa: 40000 obr./min,
- dokładne mocowanie współosiowe,
- przenoszenie dużych momentów obrotowych,
- bezobsługowy (układ zamknięty),
- wyeliminowanie zużycia na średnicy mocowania,
- większa trwałość narzędzi (nawet 4-krotnie),
- regulowane siły mocowania,
- możliwość mocowania chwytów narzędziowych z przekrojem nieciągłym.

Zastosowanie:

- bardzo dokładne mocowanie narzędzi z chwytem walcowym oraz chwytów walcowych z bocznymi powierzchniami zabierakowymi,
- uniwersalny uchwyt do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia,
- częściowo do obróbki HSC, ponieważ posiada właściwości tłumiące.

7.2.3. Uchwyty termoskurczowe według DIN 69871



Cecha:

- dokładność ruchu obrotowego: $\leq 0,003$ mm,
- maksymalna prędkość obrotowa: 40 000 obr./min,
- przydatność do wysokiej prędkości obrotowej,
- średnica mocowania przystosowana do tolerancji chwytu h6,
- bardzo pewne przenoszenie siły przez połączenie cierne,
- przenoszony moment obrotowy 2- do 4-krotnie większy, w porównaniu z uchwytami zaciskowymi hydraulicznymi i uchwytami z tulejami zaciskowymi,
- mniejszy wpływ na wyważenie, dzięki korpusowi obrotowo-symetrycznemu.

Zastosowanie:

- optymalna obróbka HSC, zwłaszcza przy małych średnicach narzędzi,
- do mocowania frezów i wiertel z chwytem walcowym.

7.2.4. Uchwyty VDI

Tokarki sterowane numerycznie są zazwyczaj wyposażone w głowice rewolwerowe. Głowice te mają na swej powierzchni otwory, w które za pośrednictwem odpowiednich chwytów mocuje się narzędzia. W zależności od typu głowicy rewolwerowej, a co za tym idzie ze względu na sposób mocowania, można wyróżnić dwa podstawowe rodzaje chwytów narzędziowych:

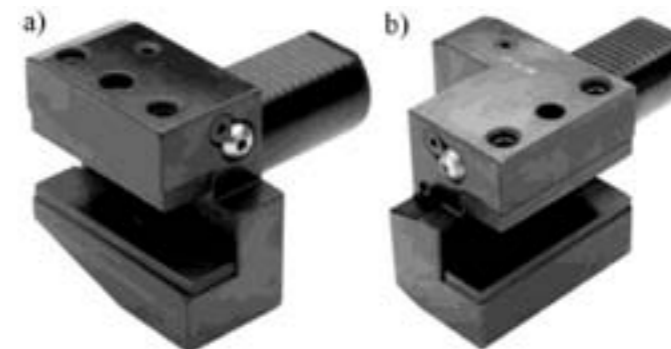
- przykręcane do głowicy śrubami,
- typu VDI.

Obecnie na obrabiarkach sterowanych numerycznie coraz powszechniej stosuje się głowice rewolwerowe przeznaczone do mocowania chwytów typu VDI.

Ze względu na przeznaczenie oprzyrządowanie do mocowania narzędzi tokarskich w głowicach rewolwerowych dzieli się na:

- uchwyty do noży tokarskich,
- uchwyty i głowice do narzędzi trzpieniowych.

Wśród chwytów do noży tokarskich można wyróżnić: poprzeczne (rys. 7.4a), wzdłużne (rys. 7.4b) oraz wzdłużno-poprzeczne.



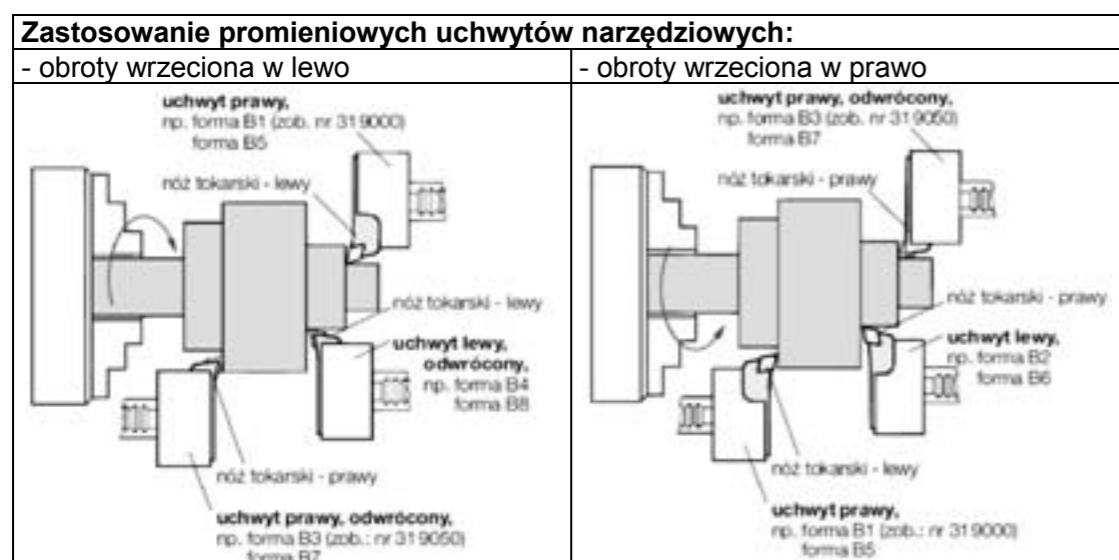
Rys. 7.4. Uchwyty VDI do noży tokarskich: a) poprzeczny, b) wzdłużny [8]

Uchwyty do narzędzi trzpieniowych (rys. 7.5) najczęściej służą do mocowania narzędzi z walcową częścią chwytową.

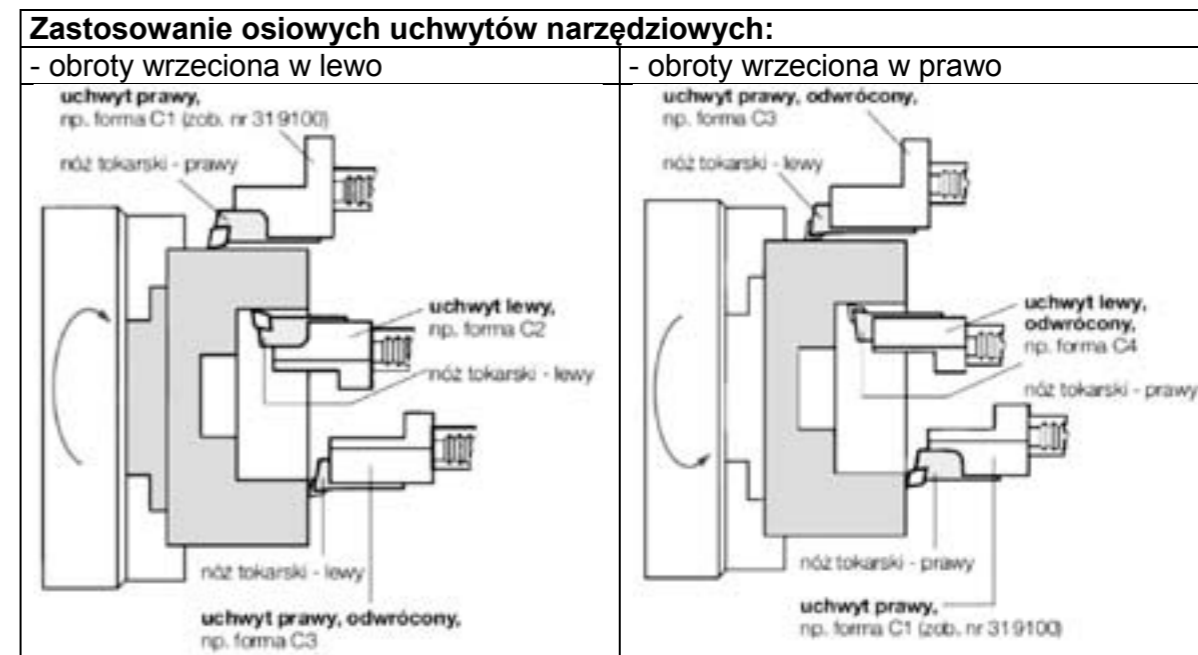


Rys. 7.5. Uchwyty VDI do narzędzi trzpieniowych [8]

Uchwyty narzędziowe są znormalizowane według DIN 69880 / VDI 3425. Na rys. 7.6 i 7.7 przedstawiono poszczególne uchwyty narzędziowe osiowe i promieniowe, w zależności od kierunku obrotu wrzeciona, przeznaczone do głowicy rewolwerowej tarczowej.



Rys. 7.6. Promieniowe uchwyty narzędziowe [8]



Rys. 7.7. Osiowe uchwyty narzędziowe [8]

8. Tendencje rozwojowe obróbki skrawaniem

Do podstawowych tendencji rozwoju obróbki skrawaniem zaliczyć można [2]:

- obróbkę z dużymi prędkościami (HSC),
- obróbkę wysokowydajną (HPC),
- obróbkę kompletną,
- obróbkę materiału w stanie twardym,
- obróbkę na sucho,
- obróbkę ultraprecyzyjną,
- obróbkę hybrydową ze wspomaganie laserowym,
- obróbkę hybrydową ze wspomaganie ultradźwiękowym,
- obróbkę hybrydową ze wspomaganie elektrochemicznym,
- mikroobróbkę.

Obróbka z dużymi prędkościami (HSC)

Zwiększenie prędkości skrawania powoduje [9]:

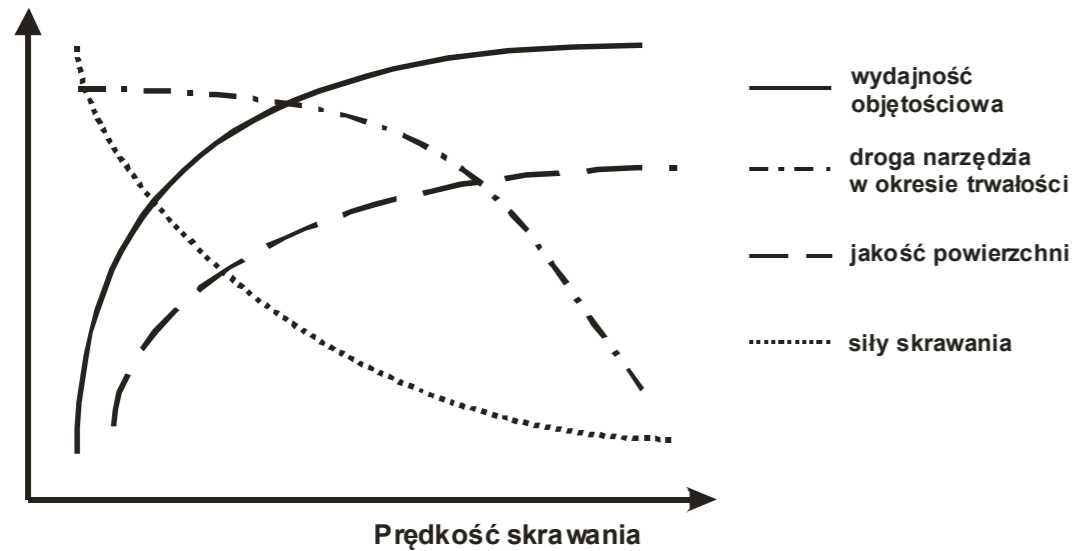
- zmniejszenie siły skrawania (pozwala to np. na obróbkę przedmiotów cienkościennych),
- stworzenie warunków do zwiększenia prędkości posuwu, przez co możliwe jest skrócenie czasu skrawania, a tym samym zwiększenie wydajności obróbki,
- ciepło powstałe w wyniku HSC jest odprowadzane z wiórami; ze względu na niewielką kumulację ciepła w przedmiocie obrabianym poprawie ulegają właściwości warstwy wierzchniej, a także zmniejsza się zużycie narzędzia skrawającego,

- zmniejszenie chropowatości powierzchni przedmiotu obrabianego,
- wzbudzenie drgań o wielkich częstotliwościach, co wobec określonej masy układów obrabiarki daje w efekcie niewielkie amplitudy tych drgań (tzw. obróbka bezdrganiowa).

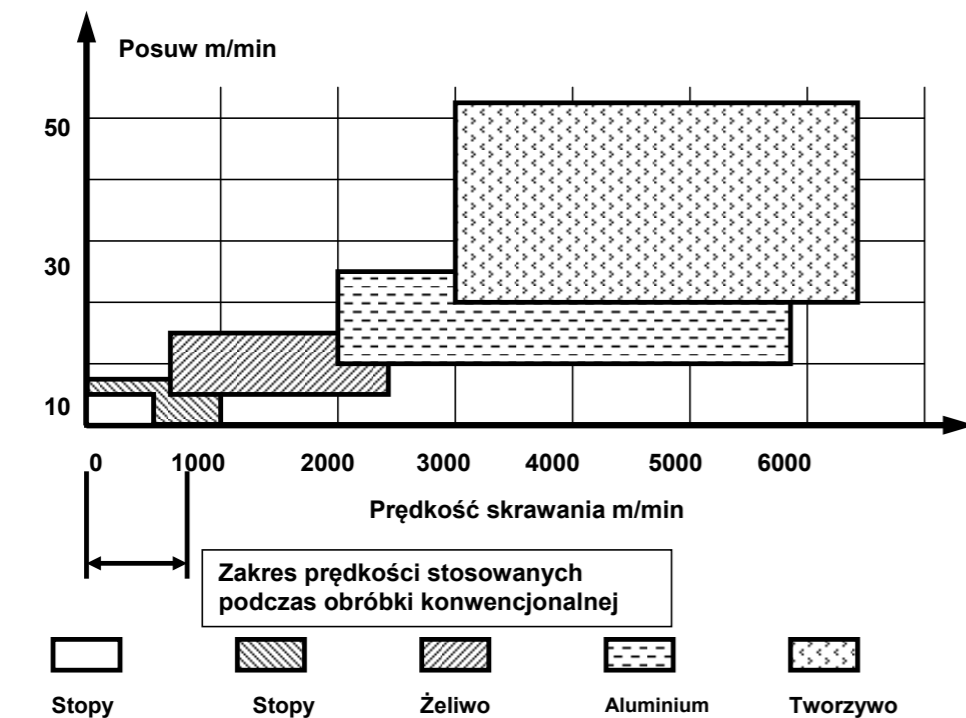
Prędkości stosowane w HSC zależą przede wszystkim od:

- rodzaju obrabianego materiału,
- użytych narzędzi skrawających,
- obrabiarki – jej układu sterowania i oprogramowania.

Przebieg zmienności parametrów charakteryzujących HSC ze wzrostem prędkości skrawania.

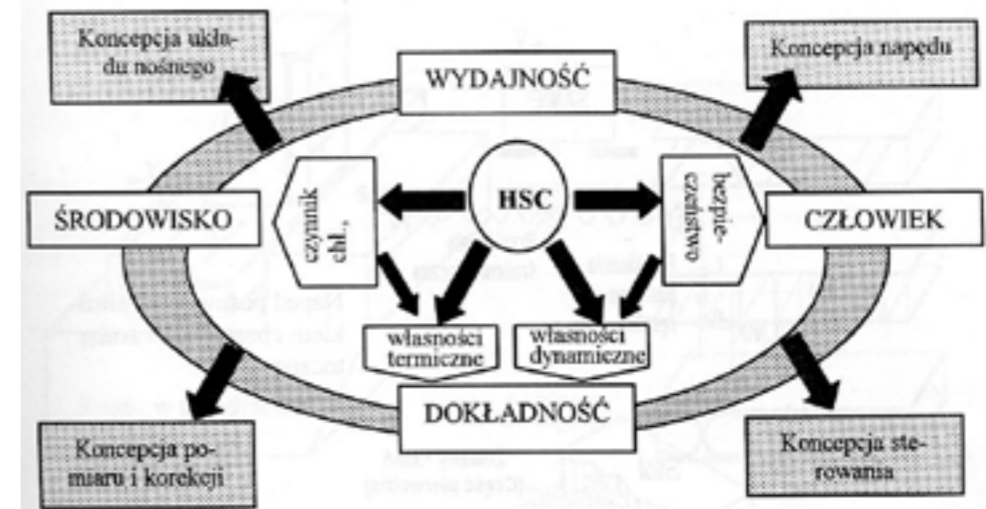


Rys. 8.1. Przebieg zmienności parametrów charakteryzujących HSC ze wzrostem prędkości skrawania. Dobór prędkości skrawania i posuwu podczas obróbki różnych materiałów.



Rys. 8.2. Dobór prędkości skrawania i posuwu podczas obróbki różnych materiałów.

Oddziaływanie technologii HSC na obrabiarkę.



Rys. 8.3. Oddziaływanie technologii HSC na obrabiarkę.

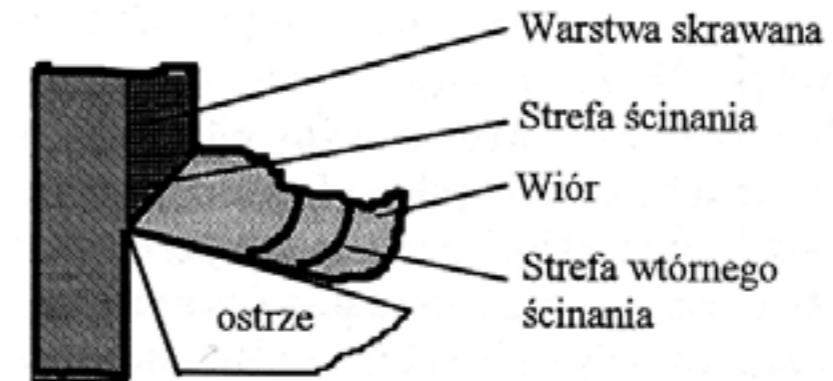
Obróbki skrawaniem materiałów w stanie twardym

Nowa generacja materiałów konstrukcyjnych w to znacznej mierze materiały o twardości znacznie przekraczającej 32 HRC. Współczesne sposoby obróbki wiórowej powinny umożliwiać efektywne skrawanie takich materiałów, lecz z zachowaniem określonych warunków. Warunki te wynikają z obróbki zwanej MHM (machining of hard materials), czyli obróbki skrawaniem materiałów w stanie twardym, a więc takich, które w konwencjonalnej technologii były obrabiane metodami obróbki ściernej. Użycie obróbki wiórowej do materiałów twardych jest podyktowane przede wszystkim zmniejszeniem kosztów wykonania części, co uzyskuje się przez koncentrację technologiczną operacji (obróbka kompletna).

Obróbka wiórowa materiałów w stanie twardym wymaga:

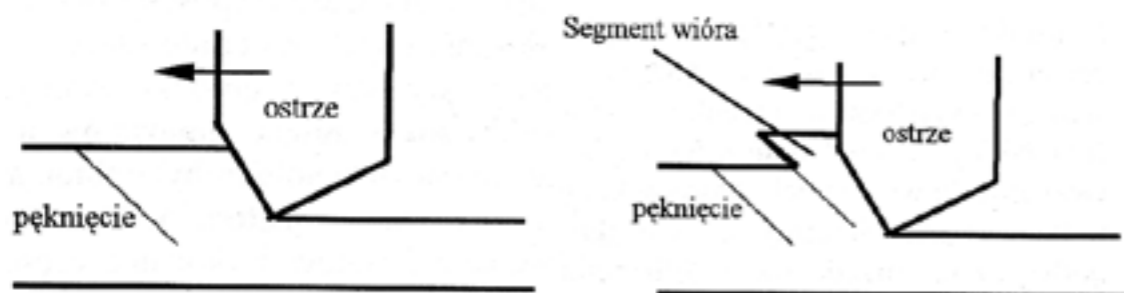
- zastosowania narzędzi z płytkami z materiałów supertwardych,
- doboru warunków obróbki odpowiednich do mechanizmu skrawania materiałów w stanie twardym.

Strefa skrawania – obróbka konwencjonalna



Rys. 8.4. Strefa skrawania – obróbka konwencjonalna

Tworzenie wióra podczas HSM



Rys. 8.5. Tworzenie wióra podczas HSM

Zalecane parametry obróbki materiału w stanie twardym

Rodzaj obróbki	Toczenie	Wiercenie	Frezowanie
	Narzędzie: PKB	Narzędzie: WC pokryty	Narzędzie: WC pokryty lub PKB
Material twardy 55–60 HRC	Parametry: $v = 120\text{--}150 \text{ m/min}$ $f = 0,02\text{--}0,04 \text{ mm}$ $a = 0,1\text{--}0,3 \text{ mm}$	Parametry: $v = 40\text{--}60 \text{ m/min}$ $f = 0,02\text{--}0,04 \text{ mm/obr}$	Parametry: $v = 200\text{--}350 \text{ m/min}$ $f = 0,1\text{--}0,2 \text{ mm/ząb}$
Ceramika techniczna	Parametry: $v < 20 \text{ m/min}$ $f < 0,05 \text{ mm/obr}$ $a < 0,1 \text{ mm}$	Parametry: $v = 40\text{--}60 \text{ m/min}$ $f = 20\text{--}100 \text{ mm/min}$	Parametry: $v < 1500 \text{ mm/min}$ $f = 0,005 \text{ mm/ząb}$

Rys. 8.6. Zalecane parametry obróbki materiału w stanie twardym

9. Tendencje rozwojowe obrabiarek CNC

Do najbardziej istotnych ogólnych tendencji rozwojowych związanych budową obrabiarek CNC zaliczyć należy:

- bardziej wydajne interfejsy do szybszej transmisji danych,
- kompletne centra obróbkowe o najwyższej dokładności,
- obróbka na najwyższych obrotach z ciągłym zapewnieniem najwyższej dokładności ruchów,
- konstruowanie serwonapędów o jak najkrótszym czasie reagowania do regulacji uzyskiwanych wymiarów obróbkowych (obecnie poniżej 1 ms),
- minimalizacja nakładu czasu programowania dla poszczególnych zadań obróbkowych,
- proste i efektywne systemy programowania z dynamiczno–interaktywną symulacją procesów obróbki,
- graficzne systemy diagnozowania błędów obrabiarek.

Tendencje rozwojowe w budowie obrabiarek do części korpusowych:

- duża różnorodność konstrukcji w zależności od potrzeb klientów,
- wielowariantowość układów geometryczno–ruchowych,
- nowe układy geometryczno–ruchowe,

- zintegrowane napędy główne (elektrowrzeciona),
- magazyny narzędzi i układy automatycznej wymiany narzędzi o dużej pojemności i krótkich czasach wymiany,
- automatyzacja wymiany przedmiotów obrabianych,
- wysoka dokładność obróbki,
- otwarte układy sterowania CNC,
- inteligentne układy nadzorujące i diagnostyczne.

Tendencje rozwojowe w budowie tokarek:

- szybkie elastyczne przezbrajanie i nastawianie programu sterowania na nowe przedmioty obrabiane w małych seriach,
- niskie koszty produkcji,
- zmiany układu strukturalnego tokarek (tokarki z dwoma wrzecionami, tokarki pionowe, ruchy posuwowe wykonywane przez wrzeciennik),
- możliwości wykonywania różnych zabiegów obróbkowych (nie tylko tokarskich),
- wysoka dokładność wymiarowo–kształtowa,
- zwiększona wydajność i niezawodność,
- ekologia i bezpieczeństwo pracy.

Literatura:

- Poradnik obróbki skrawaniem SANDVIK 2010.
- Honczarenko Jerzy, Obrabiarki sterowane numerycznie, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Warszawa, 2008.
- <http://pl.dmg.com/en,dmg,dmg-polska> – strona internetowa firmy DMG.
- PN–M–55251:1993 – Maszyny sterowane numerycznie – Osie współrzędnych i zwroty ruchów – Nazwy i oznaczenia.
- Podstawy obróbki CNC (praca zbiorowa), Wydawnictwo Rea, Warszawa, Wydanie 2 (2007).
- Materiały informacyjne firmy Renishaw.
- Materiały informacyjne firmy Heidenhain.
- Poradnik GARANT. Obróbka skrawaniem – <http://www.hoffmann-group.com/fileadmin/catalog/pl/Poradnik%20GARANT/GARANT.pdf>.
- Pająk Edward, Zaawansowane technologie współczesnych systemów produkcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2000.

VI. Narzędzia

1. Podstawowe rodzaje obróbki skrawaniem

Obróbka skrawaniem nazywana też obróbką wiórową zdefiniowana jest jako usuwanie w postaci wiórów, określonej objętości materiału, w celu otrzymania przedmiotu o zadanym wymiarze i kształcie oraz stereometrycznych i mechanicznych właściwościach warstwy wierzchniej przedmiotu z wykorzystaniem energii mechanicznej. W tej definicji mieści się pojęcie skrawania jako sposób obróbki pojedynczym lub wieloma ostrzami o zdefiniowanej geometrii takich jak: toczenie, struganie, wiercenie, rozwiercanie, frezowanie, przeciąganie, gwintowanie, obróbka kół zębatych.

Sposoby obróbki narzędziami z praktycznie niepoliczalną liczbą ostrzy i niezdefiniowaną ich geometrią jak: szlifowanie, gładzenie, dogładzanie, docieranie, polerowanie, strumieniowo – ścierna, udarowo – ścierna (zwana ultradźwiękową), nazwano ściernymi. Jest to dziedzina obróbki ubytkowej o znaczącym rozwoju w ostatnim dziesięcioleciu. Dotyczy to coraz powszechniej stosowanego diamentu technicznego oraz wynalazienia nowoczesnych, trwalszych pod niektórymi względami od niego, materiałów narzędziowych umożliwiających obróbkę z wysokimi prędkościami.

Obróbka skrawaniem jest to proces wytwarzania elementów maszyn, w którym przez oddzielenie zbędnej warstwy materiału (naddatku obróbkowego) przetworzonej w wiór, uzyskuje się wymagane: kształt, wymiary oraz strukturę geometryczną powierzchni (chropowatość). Obróbka skrawaniem jest bardzo rozpowszechnioną metodą obróbki; można jej poddawać różne materiały: metale, drewno, tworzywa sztuczne, szkło.

Obróbka skrawaniem jest realizowana za pomocą odpowiednich ruchów przedmiotu obrabianego i narzędzia skrawającego: ruchu głównego (ruchu skrawania), nadawanego narzędziu lub przedmiotowi obrabianemu, warunkującego wystąpienie skrawania, oraz dodatkowego ruchu posuwowego (narzędzia lub przedmiotu obrabianego), umożliwiającego objęcie skrawaniem całego przedmiotu i uzyskanie wymaganego kształtu i wymiaru.

W zależności od rodzaju napędu obróbkę skrawaniem dzieli się na:

- ręczną,
- zmechanizowaną,
- maszynową (wykonywaną za pomocą obrabiarek skrawających).

Rozróżnia się obróbkę skrawaniem:

- wiórową,
- ścierną.

Obróbka wiórowa jest wykonywana za pomocą narzędzi skrawających o jednoznacznie określonym kształcie i geometrii ostrza; do wyrobu tych narzędzi są stosowane głównie stale wysokiej jakości (stopowe szybko tnące), węgliki spiekane metali trudno topliwych (wolframu, tytanu), spiekane tlenki glinu i cermetale.

Do obróbki wiórowej zalicza się:

- toczenie, wytaczanie, zataczanie,
- wiercenie, rozwiercanie, pogłębianie, nawiercanie,
- frezowanie,
- struganie,
- dłutowanie,

- przeciąganie,
- gwintowanie,
- obróbkę kół zębatych,
- wiórkowanie.

Toczenie – najczęściej przedmiot obrabiany jest wprawiany w ruch obrotowy (ruch główny), a narzędzie (nóż tokarski) – w ruch posuwowy. ; rozróżnia się toczenie zewnętrzne (powierzchni zewnętrzne) i wewnętrzne (otworów) oraz toczenie wzdłużne (narzędzie przesuwa się wzdłuż osi przedmiotu obrabianego) i toczenie poprzeczne (przesuw narzędzia jest prostopadły do osi przedmiotu). Toczenie wzdłużne ma miejsce przy obróbce wałków gładkich i stopniowych; poprzeczne – rowków prostokątnych i kształtowanych, przecinaniu i obróbce powierzchni czołowych. Szczególne rodzaje toczenia stanowią: toczenie kopiowe (powierzchni o złożonych kształtach), gwintów, bezkłowe, zwane łuszczeniem, oraz obwiedniowe – za pomocą specjalnych noży obwiedniowych, którym nadaje się jednocześnie 2 ruchy posuwowe (obrotowy i prostoliniowy).

Wytaczanie – sposób obróbki otworów (uprzednio odłanych, odkutych lub wywierconych) za pomocą noży, zwanych wytaczadłami lub głowic nożowych; w zależności od konstrukcji obrabiarki ruch główny obrotowy wykonuje przedmiot obrabiany lub narzędzie, ruch posuwowy – narzędzie lub przedmiot obrabiany, obydwa ruchy mogą też wykonywać narzędzia (wytaczadła).

Zataczanie – obróbka powierzchni kształtowych (o zarysie spirali Archimedesa), frezów (zataczanych), krzywek, na tokarkach – zataczarkach.

W obróbce wiórowej wierceniem, rozwiercaniem, pogłębianiem i nawiercaniem najczęściej ruch główny (obrotowy) i posuwowy prostoliniowy wykonują narzędzia.

W przypadku cent tokarskich CNC często występuje przypadek wiercenia gdzie ruch główny (obrotowy) wykonuje detal natomiast wiertło jest nieruchome wykonuje jedynie ruch posuwowy prostoliniowy.

Wiercenie – wykonywanie otworów lub powiększanie ich średnicy za pomocą wiertła. Rozwiercanie – powiększanie średnicy otworu za pomocą narzędzi zwanych rozwiertakami. Coraz częściej w przypadku produkcji jednostkowej lub małoseryjnej rozwiercanie zastępowane jest wytaczaniem za pomocą precyzyjnych głowic wytaczarskich z regulacją średnicy.

Pogłębianie otworów walcowych lub stożkowych na łby wkrętów, śrub, sworzni; także obróbka powierzchni czołowych związanych z otworami.

Nawiercanie – wykonywanie, za pomocą narzędzi zwanych nawiertakami, specjalnych otworów – nakiełków (przeznaczonych do ustalania położenia wałków podczas obróbki).

Frezowanie – procesy obróbki powierzchni płaskich i kształtowych za pomocą wielostrzowych narzędzi zwanych frezami; rozróżnia się:

- frezowanie obwodowe, w którym oś obrotu narzędzia jest równoległa do obrabianej powierzchni,
- czołowe – gdy jest prostopadła.

Frezowaniem, najczęściej na specjalnych frezarkach, można wykonywać gwinty (frezowanie gwintów na obrabiarkach CNC), koła zębate i wałki wielowypustowe; Frezowanie może być:

- przeciwbieżne (kierunki obrotu frezu i posuwu przedmiotu obrabianego są przeciwne),
- współbieżne (kierunki zgodne).

Struganie jest to obróbka powierzchni płaskich i kształtowych za pomocą noży strugarskich; ruch główny prostoliniowo-zwrotny wykonuje narzędzie (struganie poprzeczne i struganie pionowe zwane dłutowaniem) lub przedmiot obrabiany (struganie wzdłużne); każdy cykl ruchu głównego składa się z ruchu roboczego, gdy zachodzi skrawanie, i ruchu jałowego, gdy narzędzie lub obrabiany przedmiot wraca do położenia wyjściowego; ruch posuwowy okresowy wykonuje narzędzie lub przedmiot obrabiany.

Przeciąganie – proces obróbki, w której cały naddatek obróbkowy najczęściej jest usuwany w czasie jednego przejścia narzędzia zwanego przeciągaczem; stosowane w produkcji wielkoseryjnej i masowej; rozróżnia

się: przeciąganie wewnętrzne (otworów, rowków) i przeciąganie zewnętrzne powierzchni płaskich i kształtowych (korbowodów, kluczy, kół zębatych).

Procesem podobnym do przeciągania jest przepychanie — obróbka otworów narzędziami podobnymi do przeciągaczy (przepychaczami).

Obróbka wiórowa uzębień (kół zębatych) może być przeprowadzana metodami:

- kształtową – narzędzie (frez krążkowy) odwzorowuje swój zarys w materiale obrabianym;
- obwiedniową – złożony ruch narzędzia o odpowiednim kształcie względem przedmiotu obrabianego nadaje żądany zarys zębom.

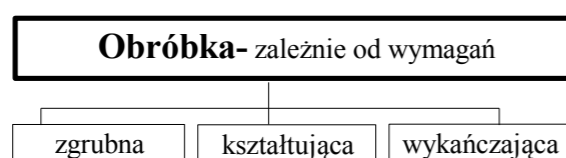
Do obróbki uzębień metodą kształtową są stosowane obrabiarki ogólnego przeznaczenia, najczęściej frezarki, w metodzie obwiedniowej zaś — specjalne obrabiarki do uzębień i specjalne narzędzia (dłutaki, noże zębatkowe, frezy ślimakowe, głowice). Obróbką wiórową wykańczającą kół zębatych może być tak zwane wiórkowanie.

Gwintowanie – obróbka różnymi metodami: na tokarkach nożami kształtowymi, nożami składanymi, głowicami gwinciarскими, narzynkami (gwintowanie zewnętrzne), gwintownikami (gwintowanie wewnętrzne); na specjalnych frezarkach – frezami krążkowymi, wielokrotnymi lub głowicami frezowymi; na gwinciarkach – gwintownikami, narzynkami lub głowicami gwinciarскими. Gwinty mogą być także wykonywane ręcznie (narzynkami, gwintownicami lub gwintownikami) lub metodami obróbki ścierniej, plastycznej i odlewania.



Rys. 1.1 Podział obróbki ubytkowej

Każdy z rodzajów obróbki skrawaniem, w zależności od poziomu wymagań jego jakości, można określić jako zgrubny, kształtujący (średni) czy wykańczający. Wymusza to zastosowanie odpowiednich przyrządów, obrabiarek, narzędzi i organizacji procesu technologicznego.



Rys. 1.2 Podział w rodzajach kształtowania

Rola obróbki wykańczającej, zgodnie z przewidywaniami, ustawicznie wzrasta. Wprowadzanie coraz doskonalszych materiałów narzędziowych powoduje, że toczenie jest często wykańczającą operacją w procesie technologicznym bez potrzeby szlifowania. Brak jest jednak jednoznacznej definicji obróbki wykańczającej z punktu widzenia mechaniki i teorii skrawania. W literaturze podkreślono, że „obróbki wykańczającej nie można, zatem utożsamiać z tymi sposobami i odmianami obróbki skrawaniem, które

umożliwiają otrzymanie wysokiej gładkości powierzchni obrabianych, gdyż w zasadzie każdy ze znanych sposobów obróbki skrawaniem może być w zależności od potrzeb zastosowany do wykończenia przedmiotu”. Każdy z rodzajów kształtowania inaczej wpływa na koszt wykonania przedmiotu. Procentowy wzrost kosztów spowodowany wzrostem dokładności wymiarowej ma najczęściej charakter nieliniowy. Postęp techniczny powoduje, że dokładność wykonania przesuwają się przy tych samych kosztach do coraz mniejszych wartości wymiarowych. Dzisiaj mówi się o nanotechnologii i wyróżnia się ją jako odmianę wykonania przedmiotów z dokładnością nm w mechanice precyzyjnej.

2. Materiały narzędziowe

Materiały narzędziowe są to materiały stosowane do wyrobu części roboczych lub całych narzędzi. Główne własności materiałów narzędziowych.

Wymagania:

- twardość narzędzia – powinna przewyższać twardość materiału narzędziowego od 20 – 30 HRC, stal szybko hartowana to około 63 HRC. Narzędziem z tej stali można obrabiać materiały o twardości od 33–43 HRC. **H** – twardość, **R** – twardość z twardościomierza Rocvella, **C** – skala.
- Odporność na wysoką temperaturę – podczas obróbki z dużymi prędkościami skrawania wytwarza się duża ilość ciepła. Ciepło to wpływa negatywnie na narzędzie przyspieszając jego zużycie (ścieranie, stopniowa utrata własności skrawających na skutek odpuszczania), i może być to temperatura wyższa od temperatury odpuszczania danego materiału narzędziowego, przez co ostrze ulega szybkiemu stopieniu. Wzrostowi temperatury narzędzia możemy zapobiec stosując chłodzenie.
- Odpowiednia wytrzymałość – tą cechą powinny odznaczać się wszystkie narzędzia, a jej rodzaj zależy od warunków pracy narzędzia: przeciągacz – na rozciąganie, wiertło, gwintownik – na skręcanie, nóż tokarski – na zginanie, narzędzia pracujące z uderzeniami – na udarność.
- Odporność na ścieranie – zależy ona od twardości materiału narzędziowego, struktury stali, temperatury skrawania, rodzaju występującego tarcia podczas skrawania, rodzaju materiału obrabianego, rodzaju użytych smarów.
- Zachowanie się podczas hartowania obejmuje takie cechy jak: szybkość chłodzenia podczas hartowania konieczna do uzyskania wymaganej twardości, głębokość hartowania zależy od rodzaju narzędzia i warunków pracy narzynki, gwintowniki – duża twardość powierzchni roboczych i możliwie duża ciągliwość rdzenia, wielkość odkształceń podczas hartowania zależy od szybkości chłodzenia (olej, powietrze zapewniają mniejsze odkształcenia), odporność na przegrzanie, Po hartowaniu pożądane jest, aby była zachowana odpowiednia twardość, odpowiednia głębokość hartowania, oraz ograniczona przegrzewalność stali.

Stale narzędziowe



Stale stopowe do pracy na zimno – mogą pracować tylko w temp. do około 180°C. Przeznaczenie stali, na narzędzia do obróbki ręcznej. Oznaczenia stali narzędziowych stopowych do pracy na zimno oznacza się literą N, a następnie literami określającymi zawarte w stali zasadnicze pierwiastki stopowe lub ich grupę oraz cyfrę, służącą do odróżniania poszczególnych gatunków stali, zawierających te same pierwiastki stopowe. Litery określające zawarte w stali pierwiastki stopowe oznaczają; W – wolfram, C – chrom, S – krzem, Z – grupa krzem–chrom–wolfram V – wanad, M – mangan, L – molibden, P – grupa chrom–nikiel–wanad a stosownie:

NV, NMV, NCV1, NCMS, NC5, NC6, NC10, NC11, NC11LV, NZ2, NZ3, NW1, NMWV, NWC, NCLV, NW9, NPW.

Stale stopowe do pracy na gorąco – nie są stosowane na narzędzia skrawające. Stosuje się je na narzędzia przeznaczone do obróbki plastycznej metali nagrzewanych do temperatury, plastyczności.

Oznaczenie stali składa się z litery W, następnie liter określającymi zawarte w stali ważniejsze składniki stopowe.

W oznaczeniach na drugim miejscu dochodzi litera od skrótu, oznaczająca

w przykładzie Nikiel – **N**.

WNW2 – stal niklowa

NWV – wolframowo–wanadowa

NCG – stal kobaltowa

WWS – wolframowo krzemowa

WCV – chromowa wanadowa

Temperatura kucia w zależności od gatunku 1050 – 800°C, temperatura hartowania w zależności od gatunku 760 – 810°C ośrodek chłodzenia – woda.

Stale szybko tnące – stale te zaliczamy do stali stopowych. Stale te zachowują, twardość i zdolność skrawania przy szybkościach i grubościach warstwy skrawanej wywołujących nagrzewanie się narzędzi do temperatury 6500.

Oznacza się literą S, następnie literą oznaczającą główny składnik stopowy stali oraz liczbą określającą średnią zawartość tego składnika w procentach. Powszechnie stosowane to: SW18, SW9, SW7M, SW12, SK5, SK5V, SK5M, SK10V.

Twardość tych narzędzi wynosi 61–63 HRC. Gatunek podstawowy, stal manganowa **SW7M**, stal wolframowa –**SW18** (18%–wolframowa) oraz stal szybko tnąca kobaltowa **SK5**. Przeznaczenie głównie na gwintowniki, narzynki, wiertła, frezy, przeciągacze, noże tokarskie i noże strugarskie. Stale szybko tnące są stalami drogimi, dlatego należy je stosować na ostrza narzędzi.

Narzędziowe stopy lane – stelly.

Stelly – są to lane stopy zawierające: kobalt, chrom, wolfram, żelazo, węgiel, nikiel i wanad. Charakteryzują się własnościami pośrednimi, między stalą szybko tnącą a węglkami spiekany, ich własności to:

- twardość stellitów wynosi około 61 HRC,
- są odporne na ścieranie,
- własności skrawne tracą w temperaturze 700–800°C,
- nie wymagają obróbki cieplnej,
- mają mały współczynnik tarcia,
- odznaczają się dużą odpornością na działanie chemiczne (szczególnie kwasu siarkowego, zarówno na zimno, i jak na gorąco).

Są wykorzystywane do napawania ostrzy narzędzi, wykonuje się z nich również małe noże wstawiane.

Węgliki spiekane

Podstawowymi składnikami węglków spiekanych są: węgiel wolframu lub węgiel wolframu i tytanu związanych kobaltem. Dodatek węgla tytanu wpływa na zwiększenie twardości, oraz odporności na zużycie. Własności skrawające węglków – zależą od ich składu chemicznego, tj. od zawartości węglków wolframu, tytanu, tantalu, niobu i materiału wiążącego kobaltu, a także od wielkości ziarna proszków i od metod

wytwarzania. Węgliki charakteryzują się:

- dużą twardością (zależnie od składu chemicznego około 82–92 HRA (90HRC),
- dużą odpornością na ścieranie,
- zachowują własności skrawne do temperatury około 950 do 1000°C,
- są wrażliwe na zmiany temperatur podczas skrawania, (skrawanie przerywane)
- są wrażliwe na obciążenia udarowe, udarność węglków jest 2–3 razy mniejsza niż stali hartowanej,
- niska wytrzymałość na zginanie, wysoka na ściskanie.

Węgliki spiekane odznaczają się najlepszymi spośród wszystkich materiałów narzędziowych własnościami skrawającymi, przewyższającymi znacznie własności stali szybko tnącej. Do obróbki skrawaniem używa się następującej grupy węglków spiekanych. (litery na początku znaku wskazują na ich przeznaczenie):

- litera P (według ISO – P – kolor niebieski) – gatunki stosowane do obróbki materiałów dających długi wiór (wszystkie gatunki stali, staliwa, za wyjątkiem stali o strukturze austenitycznej). Węgliki wolframowo–kobaltowo–tytanowe stosowane są do obróbki stali i staliwa i oznaczone: P01, P05, P10, P20, P30, P40,
- litera M (według ISO – M – kolor żółty) – stosowane do obróbki materiałów dających zarówno długi, i jak krótki wiór, (stal nierdzewna austenityczna oraz stal austenityczno – ferrytyczna i staliwo). Oznaczenie M10, M20, M30, M40,
- litera K (według ISO – K – kolor czerwony) – stosowane do obróbki materiałów dających krótki wiór (głównie żeliwa). Oznaczenie K01, K05, K10, K20, K30,
- litera N (N – kolor zielony) – stosowane do obróbki metali nieżelaznych (głównie aluminium i inne). Oznaczenie N10,
- litera S (S – kolor brązowy) – stosowane do obróbki stopów specjalnych i stopów tytanu (żaroodporne stopy specjalne na bazie żelaza, niklu i kobaltu, tytan i stopy tytanu),
- litera H (H – kolor szary) – stosowane do obróbki materiałów twardych – stal hartowana, hartowane odlewy z żeliwa lanego, utwardzone, żeliwne odlewy kokilowe.

Cyfry występujące w oznaczeniu gatunku są znakami umownymi. Ze wzrostem cyfry wzrasta ciągliwość gatunku węgla i maleje odporność na ścieranie.

Węgliki powlekane.

W celu podniesienia odporności na zużycie płytek wielostrzowych i innych narzędzi z węgla spiekane (frezy, wiertła monolityczne) wprowadzono pokrywanie ich warstwami (powłokami):

- węgla tytanu (TiC) – zapewnia dużą odporność na ścieranie, dobrze przyczepia się do podłoża (którym jest materiał rodzimy płytki),
- azotku tytanu (TiN) – chroni ostrze przed tworzeniem się na nim narostu oraz zmniejsza współczynnik tarcia między ostrzem a materiałem skrawanym (wiórem). Przyczynia się to do dość znacznego zmniejszenia sił skrawania,
- węglikoazotku tytanu (TiCN) – stosuje się przede wszystkim tam gdzie skrawanie ma charakter przerywany oraz związane jest z dużym obciążeniem ostrza np. przy frezowaniu i gwintowaniu,

- tlenku glinu (Al_2O_3) – nadaje ostrzu dużą odporność na wysoką temperaturę.

Aby osiągnąć lepsze własności wszystkich materiałów narzędziowych należałoby podwyższyć zawartość węgla w niektórych z nich albo doprowadzić do 100 procentowej zawartości fazy węglkowej lub innych, również twardych, związków takich jak krzemki, borki, azotki lub tlenki. Prowadzi to wówczas do wzrostu twardości i odpowiednio odporności na ścieranie ale wywołuje spadek wytrzymałości na zginanie, wzrasta wrażliwość na obciążenia dynamiczne i podatność na pękanie.

Widać wyraźnie, że nie można pogodzić tak odmiennych oczekiwań drogą jedynie prostego zwiększania zawartości składników stopu. Zrodził się przed laty pomysł nakładania na wytrzymałe rdzenie cienkich warstw o znacznej wytrzymałości, takich jak: węgliki azotu, azotki tytanu, krzemki, borki i tlenki.

Warstwy są niezwykle cienkie, kilkumikronowe, gdyż z rozważań teoretycznych wynika, że im cieńsza jest warstwa naniesiona na wytrzymałe podłoże tym mniejsze w są niej naprężenia i jest onabardziej podatna.

Spiekane tlenki metali

Spieki ceramiczne – powstają w wyniku prasowania i spiekania w temperaturze 1500–2000°C sproszkowanych tlenków aluminium wraz z niewielkimi dodatkami magnezu i tlenku krzemu. Spiekane tlenki metali są to materiały narzędziowe ceramiczne a podstawowym materiałem wyjściowym do produkcji płytek jest tlenek glinu (Al_2O_3). Zawierają także niewielkie ilości innych składników jak tlenek magnezu, oraz tlenki innych metali. Płytki takie odznaczają się wielką odpornością na ścieranie, oraz nie tracą własności skrawających do temperaturze 1200°C. Poważną wadą wytwarzanych płytek są znacznie niższe wskaźniki wytrzymałościowe, oraz skomplikowany proces technologiczny. Do wad należy zaliczyć – gorsze własności wytrzymałościowe w porównaniu z węglkami spiekanyymi (wytrzymałość na zginanie 2–3 razy niższa niż węglków spiekanych, niska wytrzymałość na rozciąganie i udarność) oraz skomplikowany proces technologiczny.

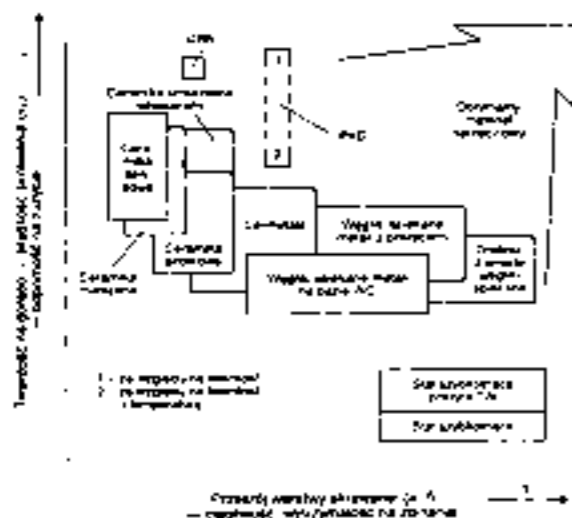
Diament – materiał narzędziowy

Diament jest to czysty węgiel występujący w postaci kryształu. Rozróżnia się diamenty:

- naturalne – wydobywane w kopalniach diamentów,
- sztuczne – otrzymane w laboratoriach.

Diament odznacza się największą wytrzymałością na ścieranie, oraz największą twardością, używa się ich w przemyśle do toczenia metali nieżelaznych, gumy, fibry, ebonitu, bakelitu, a także stosuje się do wyrobu narzędzi ściernych.

Sztuczny diament otrzymuje się z grafitu, prasując go pod dużym ciśnieniem przy jednoczesnym nagrzewaniu do temperatury 4500°C. Diamenty sztuczne są droższe niż naturalne. Inżynieria materiałowa, której rola rośnie w ostatnim dziesięcioleciu, zajmuje się opracowaniem takiego materiału, który łączyłby razem najlepsze własności.



Rys. 2.1 Kierunki rozwoju materiałów narzędziowych

Materiały ceramiczne i cermetale

Podstawowym składnikiem tej grupy materiałów jest tlenek aluminium, który jest osnową dla tlenków innych metali wapnia, manganu, magnezu, cyrkonu. Twardość dochodzi do 90 do 95 HRA i odporność na działanie wysokich temperatur nawet do 1270°C. Materiał na ceramikę jest tani, jednak wykonanie z niego materiału narzędziowego wymaga drogiej technologii, w wyniku, czego ceny są porównywalne dla spiekanych węglków metali trudnotopliwych, a nawet wyższe. Zachowanie materiałów ceramicznych wyróżnia się tym, w że przypadku skrawania stali nie powoduje zjawiska zespawania z wiórem. Przy nagrzewaniu nie utlenia się i nie wykazuje skłonności do tworzenia narostu w czasie skrawania większości wykorzystywanych materiałów konstrukcyjnych. Jednak przy obróbce stopów aluminium, ma ograniczone zastosowanie z tego samego powodu, który zauważa się w stosunku do wykorzystania węglków spiekanych przy obróbce materiałów z zawartością węgla. Powodem jest powinowactwo chemiczne sprzyjające intensyfikacji zjawiska adhezji, szepianiu wzajemnym materiałów w miejscu styku, w wysokich temperaturach i znacznych naciskach. Wykorzystanie możliwości skrawnych materiałów ceramicznych wymaga:

- stosowania nowoczesnych obrabiarek dysponujących mocą napędu głównego przynajmniej kilkunastu kilowatów ponieważ możliwe jest, przy posuwie do około 0,5 mm i głębokości skrawania do 5 mm,
- stosowanie prędkości skrawania do 2 – krotnie wyższych niż dla węglków spiekanych,
- unikania zbyt dużych naddatków, szczególnie nierównomiernych, zalecane stosowanie do obróbki wykącającej z uwagi na fakt, że wytrzymałość na zginanie jest 2 do 3 – krotnie mniejsza niż węglków,
- rozwiązania problemu usuwania znacznej ilości wiórów.

Obecnie światowe zapotrzebowanie na ceramiczne materiały narzędziowe ocenia się na około 5% wszystkich materiałów narzędziowych.

Podział materiałów ceramicznych na grupy:

- tlenkowe zawierające głównie Al_2O_3 ,
- ceramika mieszana zawierająca oprócz Al_2O_3 dodatki innych tlenków, zwykle 30–40% TiC, a czasem także TiN, co pozwala uzyskać w porównaniu z czystą ceramiką tlenkową większą twardość i wytrzymałość na zginanie oraz mniejszą kruchość, co w efekcie zmniejsza zużycie ściernie i erozyjne,
- CN – zawierające głównie azotek krzemu Si_3N_4 , charakteryzujący się dużą przewodnością cieplną i bardzo małą rozszerzalnością cieplną $30 + 36W/(m \cdot K)$, co zwiększa odporność na wielokrotne nagłe zmiany temperatury i pozwala na zastosowanie cieczy obróbkowej.
- CC – ceramiczne materiały powlekane.

Można spotkać na rynku gatunki ceramiki:

- cyrkonowa $Al_2O_3 + (od 3 do 15\%) ZrO_2$ lub prawie czysto cyrkonowa o zawartości do 90% ZrO_2 ,
- węglkowo–krzemowa $Al_2O_3 + SiC$,
- węglkowo–borowa $Al_2O_3 + B_4C$,
- azotku boru $Al_2O_3 + BN$,
- prawie czysta ceramika od 97 do 99,5 %,
- azotku krzemu $Al_2O_3 + Si_3N_4$,
- czarna tytanowa $Al_2O_3 + (od 10 do 40\%) TiC + TiN$.

Często wykorzystywane są trzy spośród wymienionych gatunków ceramiki: cyrkonowa, czysta ceramika oraz tytanowa. Tworzywa na bazie azotku krzemu nie wytrzymują prędkości skrawania powyżej 350 m/min, gdyż wykazują wzrost aktywności chemicznej względem żelaza. Tworzywa na bazie Al_2O_3 z dodatkiem azotków i węglików tytanu znajdują zastosowanie w skrawaniu z uwagi na dobre własności wytrzymałościowe i dobrą przewodność cieplną.

Kolejnym krokiem w rozwoju spieków ceramicznych jest **sialon** o wzorze sumarycznym Si_3AlON_7 (sialon β) i właściwościach fizycznych oraz mechanicznych zbliżonych do Si_3N_4 , a chemicznych do Al_2O_3 . Sialon zastosowany do obróbki żeliwa i stopów niklu pozwala na istotne zwiększenie prędkości skrawania (do 1000 m/min) przy posuwach w zakresie 0,25 1mm/obr.

W połowie lat osiemdziesiątych dzięki osiągnięciom inżynierii materiałowej, powstały spieki ceramiczne wzmocnione **wiskerami** (Whiskerit) węgla krzemu SiC. Wiskery to nitkowate monokryształy metali lub niemetalu odznaczające się prawie bezdefektową budową krystaliczną, co powoduje, że ich wytrzymałość mechaniczna jest znacznie większa od normalnych kryształów tego materiału. Optymalna zawartość wiskerów w spieku ceramicznym wynosi 20%, a jako materiał bazowy służy Al_2O_3 , względnie Si_3N_4 .

Grupa materiałów zwanych **cermetami** to dążenie do kompromisu. Cermetale – są to spieki ceramiczno-metalowe, powstają w wyniku spiekania proszków ceramicznych (tlenek aluminium) z metalowymi, takimi jak:

- węgiel tytanu (cermetal tytanowy – twardość większa od twardości węglików spiekanych),
- węgiel wolframu (cermetal wolframowy), po spiekaniu mają kolor czarny,
- chrom molibden, nikiel.

Cermetale charakteryzują się:

- lepszymi własnościami wytrzymałościowymi w porównaniu ze spiekami ceramicznymi,
- lepszym przewodnictwem cieplnym od węglików spiekanych.

Cermetal jest materiałem spiekającym złożonym z dwóch typów składników, z których jeden to ceramiczny, najczęściej Al_2O_3 , z bardzo dużą kruchością i twardością około 94 HRA, odpornością w wysokich temperaturach, odpornością na utlenianie, drugi zaś to stop metalu, podatnego, takiego jak wolfram, tytan lub innych. W wyniku otrzymuje się materiał o własnościach trochę gorszych z uwagi na odporność ścierną, ale o lepszej wytrzymałości na zginanie i zmniejszonej kruchości.

Supertwarde materiały polikrystaliczne

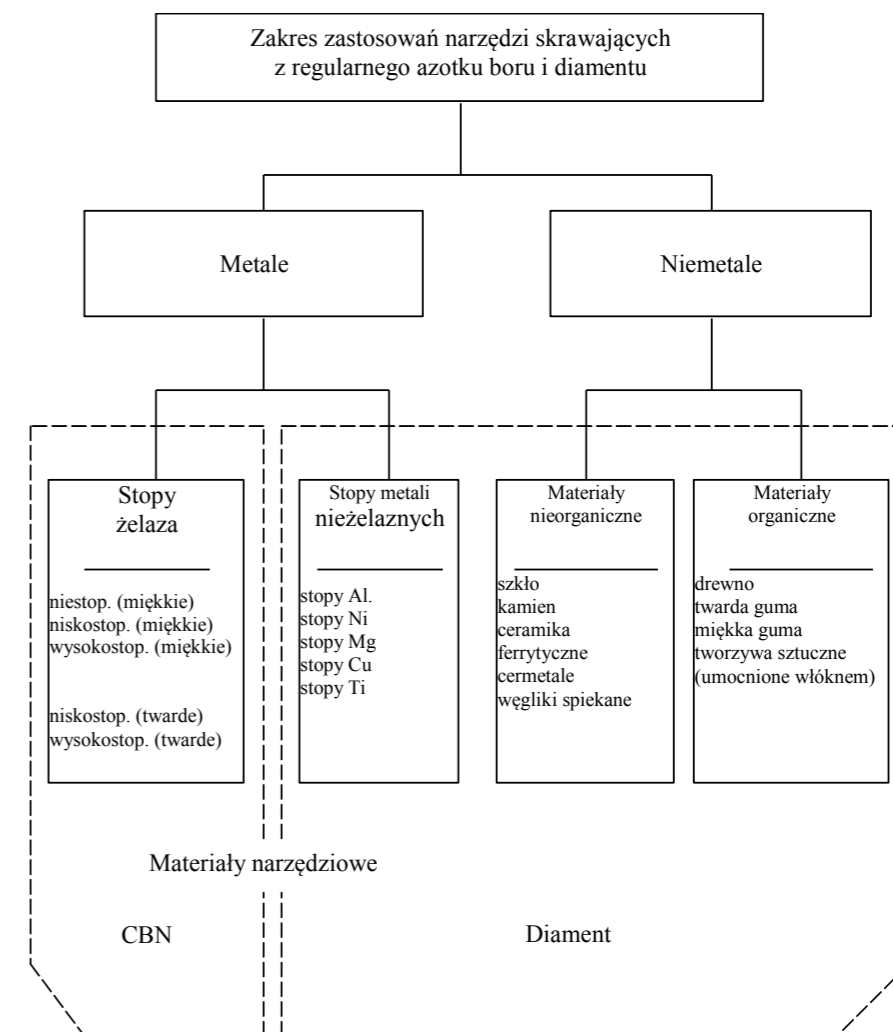
Materiały te można podzielić na dwie grupy:

- pierwsza – to materiały oparte na sztucznym diamentcie, nazywane krótko karbonado, stosuje się je do obróbki metali nieżelaznych, węglików spiekanych, tworzyw sztucznych,
- druga – to materiały oparte na azotku boru – borazon CBN o twardości zbliżonej do twardości diamentu zwane kompozytami, stosuje się je do obróbki stali, żeliw i stopów trudno obrabialnych.

Z materiałów supertwardych nie wykonuje się całych płytek, gdyż są bardzo drogie lecz małe wkładki, które wlutowuje się do płytki. Narzędzia z ostrzami wykonanymi z supertwardych materiałów polikrystalicznych stosuje się do wykańczającej obróbki części maszyn z dużymi prędkościami skrawania przy małych głębokościach i posuwach.

Diament monokrystaliczny nie jest spiekaniem, stosowany w wyjątkowych przypadkach gdyż w temperaturze 900°C przemienia się w grafit i reaguje z żelazem. Diament syntetyczny – polikrystaliczny, otrzymywany jest jako spiek diamentu monokrystalicznego w kobaltowej osnowie. Nie wolno stosować go do obróbki żelaza i jego stopów. Polecane zaś są do skrawania metali nieżelaznych ich stopów, materiałów ceramicznych, organicznych. Szczególnie zalecane są do obróbki stopów aluminium zawierających krzem. Znajdujące się w tym stopie obok siebie warstwy miękkiego roztworu krzemu w aluminium i czystego krzemu powodują, że zmiennych obciążeniach krawędzi nie wytrzymują materiały narzędziowe kruche, ściernie działające krzemu

wyklucza stosowanie materiałów mało odpornych na takie zużycie. Dostarczany w postaci kształtek kilkumilimetrowych do osadzenia w płytach ze spieków twardych.



Rys. 2.2 Zakresy zastosowania materiałów supertwardych

Nową technologią wytwarzania narzędzi do obróbki twardych materiałów jest pokrywanie ostrzy warstwą polikrystalicznego diamentu (PKD) grubości kilku do kilkunastu mikrometrów. Stosowane jest m.in. pokrywanie metodą PVD i metodą wzrostu warstwy diamentowej. Zaawansowane są również próby wytwarzania pokryć z CBN, a nawet z CBN/PKD, które określa się jako materiały narzędziowe XXI wieku.

Materiały kompozytowe

Najnowocześniejszą grupą materiałów narzędziowych są tak zwane kompozyty. Przykładem kompozytu jest budowa drewna, gdzie molekuly celulozy są fazą dyspersyjną. W zależności od jej rozłożenia mamy do czynienia z tym samym materiałem, ale o zdecydowanie różnej wytrzymałości mechanicznej. Nazwa ta odnosi się do takich materiałów narzędziowych, które mają roztworzone w osnowie, jako fazy dyspersyjne, znane z bardzo dużej twardości, otrzymywane drogą techniczną, polikryształy diamentu, azotku boru (RAB 43,6% B i 56,4% N). Płynne, wcześniej stopione dodatki, ograniczają koncentrację naprężeń w wyniku krawędziowego nacisku dwóch, o dużej twardości, ziaren (whiskers). Dodatki te spełniają jeszcze jedno zadanie. Muszą zapewnić, przez swoją dobrą zwilżalność, połączenie z drugą warstwą kompozytu, której zadaniem jest najczęściej usztywnienie spieku oraz stworzenie możliwości przylutowania kształtki do korpusu narzędzia. Tlenek aluminium jest cięższy niż dodatki w nim rozpuszczone. Trwają prace nad wykorzystaniem zjawiska, grawitacyjnego wzbogacania w Al_2O_3 , tylko wybranych powierzchni kształtki.

Doświadczenia wskazują na korzystny wpływ na własności spieku diamentowego dodatku tytanu, z uwagi

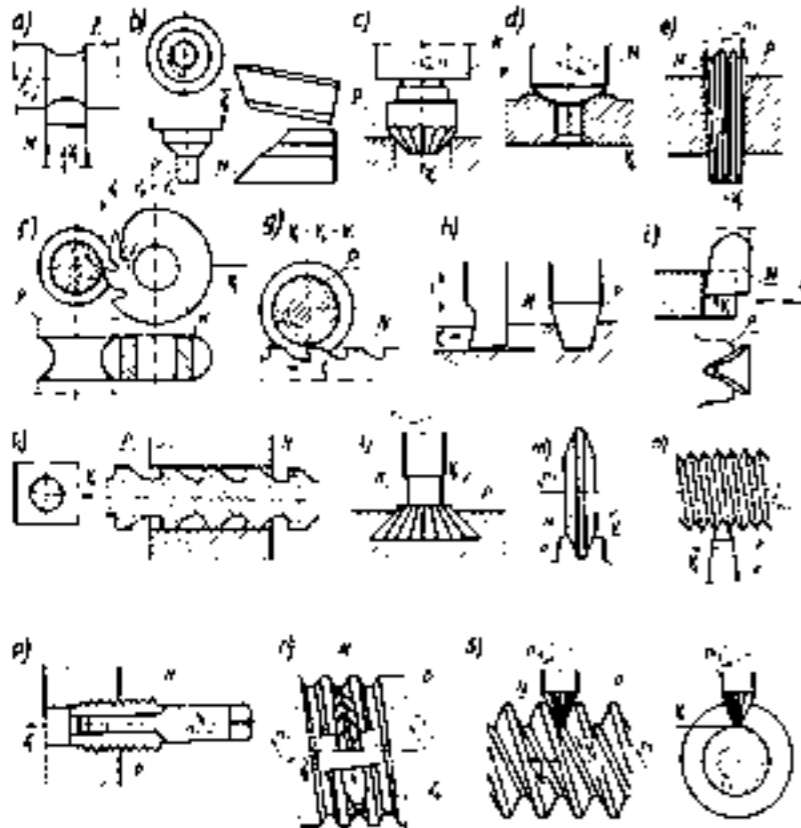
Przedstawione przykłady na Rys. 3.1 a) toczenia wzdłużne zewnętrzne, b) toczenia wzdłużne wewnętrzne, c) toczenia kopiowe, d) strugania płaszczyzn, e) frezowania płaszczyzn, f) frezowania obwodowego, g) frezowania czołowego h) frezowania kopiowego, wskazują, że możliwości obróbki dotyczą powierzchni obrotowych, walcowych oraz o niekołowych przekrojach i innych.

Na kolejnym rysunku (p. Rys 3.2) zilustrowano przykłady powierzchni otrzymanych metodą kształtową. Zastosowane metody kształtowe pozwalają wykonać powierzchnie: 1) obrotowe (a od do g), 2) walcowe (od h do m), 3) śrubowe (od n do s). Podziały dokonywane są przede wszystkim według zasady wskazującej na złożoność kształtu narzędzia. Frez obwodowy z ostrzami prostymi, nie jest narzędziem kształtowym w odróżnieniu od noża do gwintu – dwie krawędzie o ściśle określonym położeniu – zaliczane do takich narzędzi.

Metodami obwiedniowymi wykonuje się w głównej mierze powierzchnie o zarysie walcowym i śrubowym. Dodatkowa grupa przedmiotów obejmuje o te kształcie kół zębatych stożkowych, ślimacznicę. Na Rys. 3. zebrano przykłady obróbki obwiedniowej.

W literaturze wyróżniono dziewięć przypadków obróbki obwiedniowej, z uwagi na kształt elementów współpracujących:

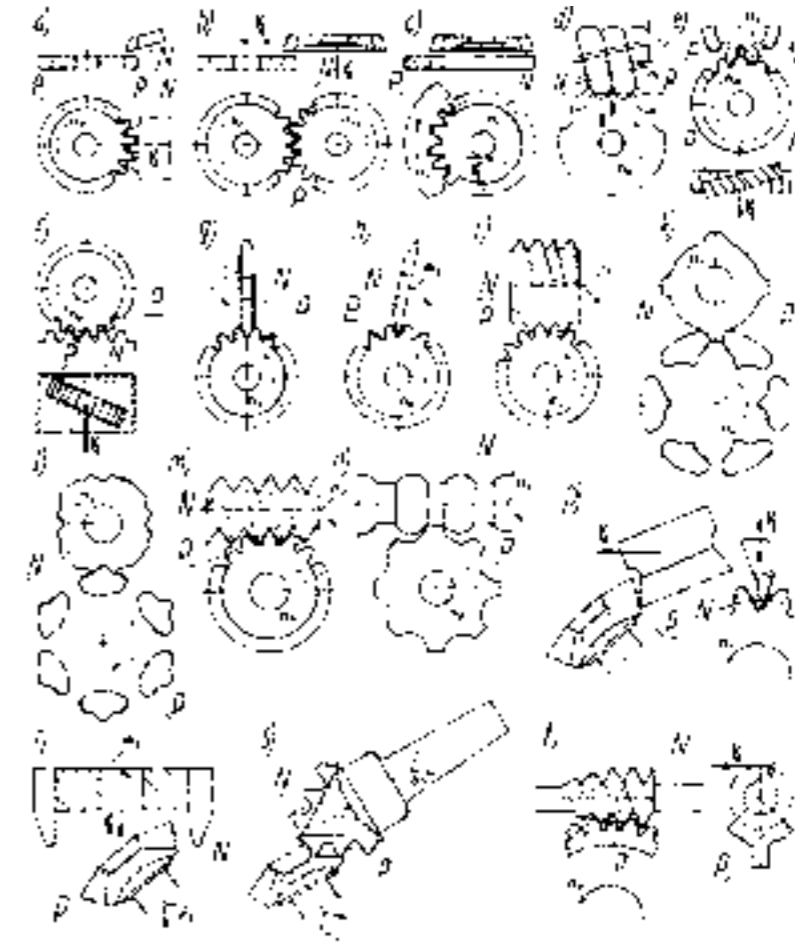
- powierzchni walcowej z zębatką a) typu Maaga, b) c) Fellowsa,
- powierzchni śrubowej z zębatką f), g), h),
- powierzchni walcowych o osiach równoległych i prostopadłych b), c), k), l), m),
- powierzchni śrubowych o osiach równoległych, w jak 3 ale dodatkowy ruch śrubowy narzędzia,
- powierzchni walcowej i powierzchni śrubowej ale osie skrzyżowane,
- powierzchni śrubowych o osiach skośnych d), e), i),
- ślimaka z ostrzami na linii śrubowej ze ślimacznicą t),
- ślimaka z ostrzami na powierzchni obrotowej ze ślimacznicą n),
- koła stożkowego z pierścieniową zębatką p) metoda Bilgrama, r) Gleasona, s) Klingelnberga.



Rys. 3.2 Przykłady obróbki kształtowej p – przedmiot, N– narzędzie

W narzędziach kształtowych oraz do obróbki obwiedniowej zarysy krawędzi skrawającej są zazwyczaj krzywoliniowe. Wykonanie takich zarysów wymaga odpowiedniego wymiarowania. W miejsce dokładnych rozkładów pól tolerancji uwzględniających złożoność kształtu i kinematykę przyjmuje się w obliczeniach zarysy zastępcze. Dla dużej tolerancji krzywoliniowego zarysu przedmiotu możliwe jest jego wykonanie za pomocą prostoliniowej krawędzi skrawającej.

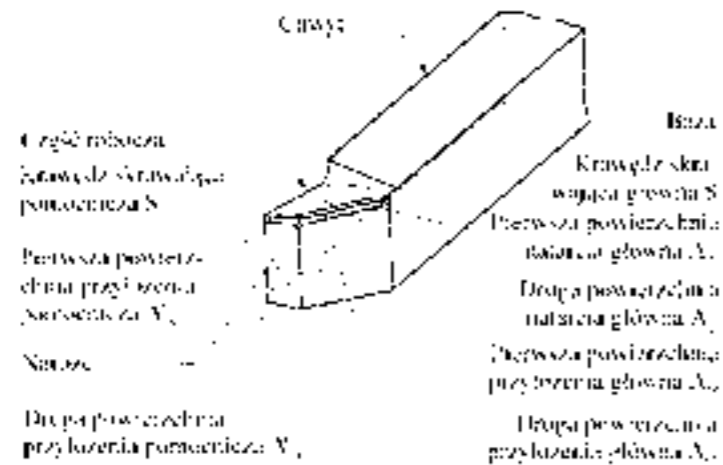
W istocie upraszcza to wykonanie narzędzi wymaga jednak zmniejszenia tolerancji wykonania narzędzia.



Rys. 3.3 Przykłady obróbki obwiedniowej P– przedmiot, N– narzędzie

Geometria części roboczej narzędzi skrawających

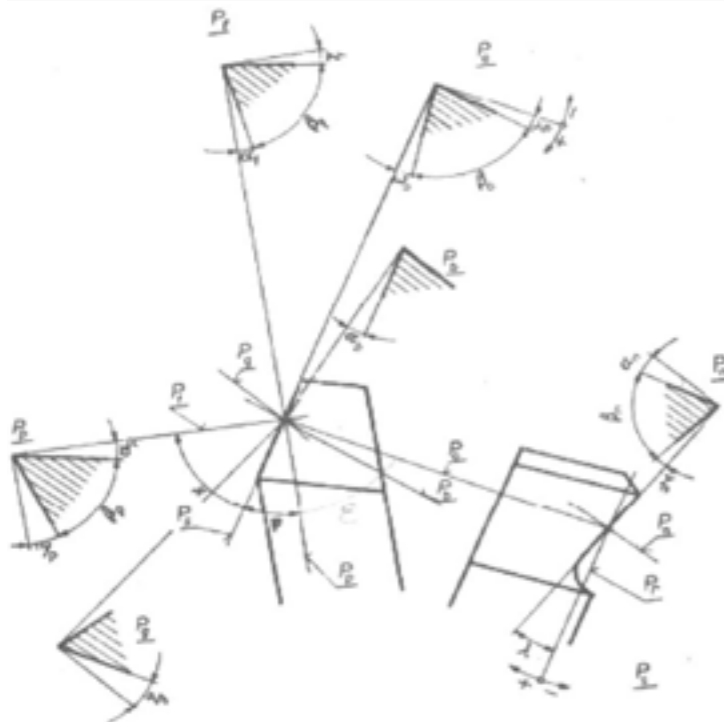
Na przykładzie ostrza noża tokarskiego pokazano stosowane nazwy krawędzi i powierzchni w narzędziach skrawających (p. Rys. 3.4). Powierzchnię lub powierzchnie, po których sływa wiór nazwano – **natarcia** A_γ , oraz powierzchnię lub powierzchnie, nad którą przechodzi powierzchnia ukształtowana na przedmiocie obrabianym nosi nazwę – **przyłożenia** A_α . Powierzchnia przyłożenia pomocnicza A_α styka się z powierzchnią obrabianą. Wyróżnia się główną krawędź skrawającą S w miejscu przecięcia pierwszej powierzchni natarcia A_γ z pierwszą powierzchnią przyłożenia A_α . W miejscu przecięcia powierzchni natarcia z pierwszą pomocniczą powierzchnią przyłożenia A_α powstaje pomocnicza krawędź skrawająca S' .



Rys. 3.4 Krawędzie skrawające i powierzchnie części roboczej

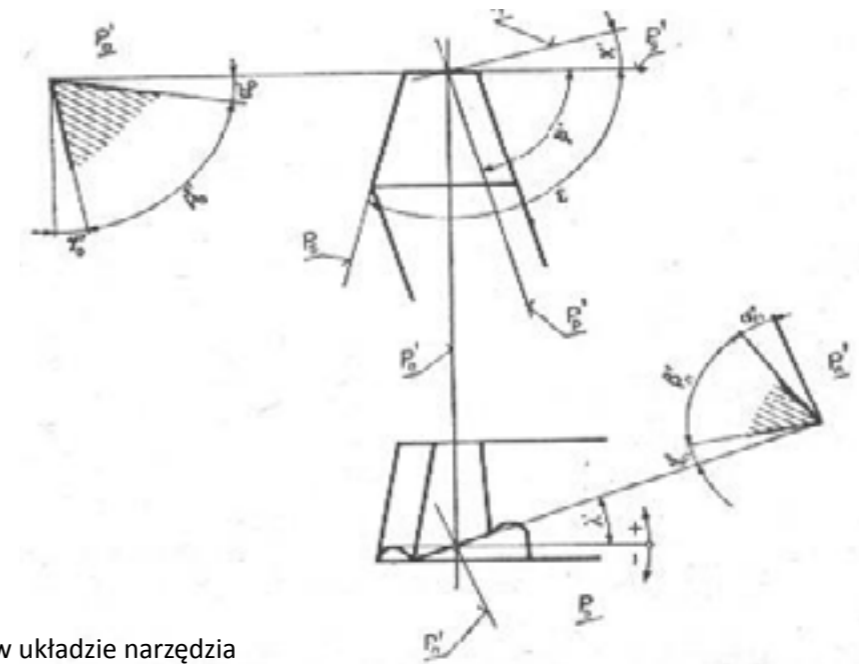
Kąty w układzie narzędzia

W każdej płaszczyźnie układu narzędzia, przechodzącej przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej, określamy charakterystyczne kąty części roboczej narzędzia.



Rys. 3.5. Kąty w układzie narzędzia

W płaszczyźnie podstawowej Pr wyznaczamy kąty przystawienia, odchylenia krawędzi i kąt naroża. Kąt przystawienia H zawarty jest między płaszczyzną krawędzi skrawającej Ps a płaszczyzną boczną Pf . Kąt odchylenia krawędzi skrawającej γ zawarty jest między płaszczyzną krawędzi skrawającej Ps a płaszczyzną tylną Pp . Pomiedzy kątami przystawienia i odchylenia krawędzi występuje zależność: $H + \gamma = 900$. Kąt naroża e (rys) zawarty jest między płaszczyzną krawędzi skrawającej głównej Ps a płaszczyzną krawędzi skrawającej pomocniczej Ps' . W przypadku noży kąt naroża jest jednocześnie kątem wierzchołka. Kąt przystawienia pomocniczy $H'(rys)$ zawarty jest między płaszczyzną krawędzi skrawającej pomocniczej Ps' a płaszczyzną boczną Pf' .



Rys. 3.6. Kąty w układzie narzędzia

Zależność: $H + e + H' = 1800$. W płaszczyźnie stycznej Ps wyznaczamy kąt pochylenia krawędzi skrawającej l , zawarty między krawędzią skrawającą, płaszczyzną podstawową Pr . Kąt l jest dodatni ($l > 0$), gdy wierzchołek ostrza jest najwyższym punktem krawędzi, zerowy ($l = 0$), gdy wszystkie punkty krawędzi leżą w tej samej odległości od płaszczyzny podstawowej, oraz ujemny ($l < 0$), gdy wierzchołek ostrza jest w najniższym punkcie krawędzi skrawającej.

W płaszczyźnie przekroju głównego $P0$ wyznaczamy kąty natarcia, ostrza i przyłożenia. Kąt natarcia główny $g0$ jest zawarty między płaszczyzną podstawową Pr a powierzchnią natarcia. Kąt ostrza główny $b0$ zawarty jest między płaszczyzną natarcia a powierzchnią przyłożenia.

Kąt przyłożenia główny $a0$ jest zawarty między płaszczyzną krawędzi skrawającej Ps , a powierzchnią przyłożenia. Pomiedzy kątami przyłożenia, ostrza i natarcia występuje zależność: $a0 + b0 + g0 = 900$

Kąt natarcia dodatni ($g0 > 0$), gdy $(a0 + b0) < 900$, zerowy ($g0 = 0$), gdy $(a0 + b0) = 900$, oraz ujemny, gdy suma kątów $(a0 + b0) > 900$.

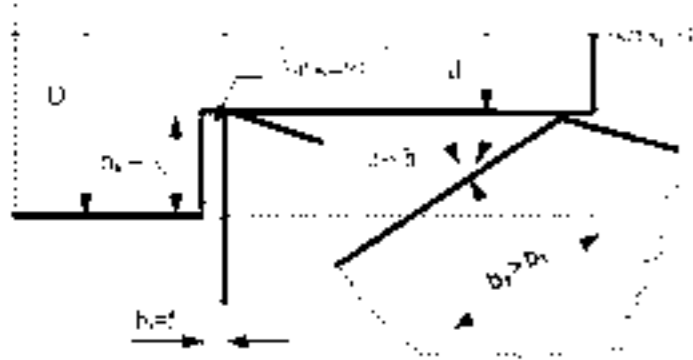
4. Parametry skrawania

Podczas obróbki skrawaniem dla przedmiotu wyróżnia się kilka powierzchni zależnie od ich usytuowania względem krawędzi skrawającej. Powierzchnia obrabiana, która jest poddana w danej chwili obróbce. Powierzchnia obrobiona, stworzona po jednym pełnym przejściu narzędzia. W kolejnych przejściach powierzchnia obrobiona staje się powierzchnią obrabianą. Chwilowa łącząca je powierzchnia, pozostająca w styku z krawędzią skrawającą, nazywa się powierzchnią skrawania. Warstwą skrawaną nazywa się tę część materiału, którą ostrze oddziela od przedmiotu obrabianego i zamienia w wiór.

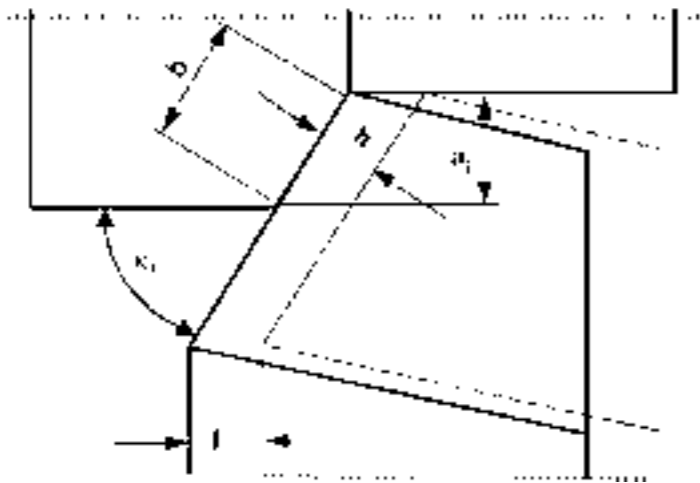
Głębokością skrawania nazywa się, prostopadle mierzoną, odległość od powierzchni obrobionej do obrabianej. W toczeniu wzdłużnym jest to połowa różnicy średnic, w przypadku toczenia poprzecznego jest to wielkość skrócenia przedmiotu. Dla wiercenia w pełnym materiale przyjmuje się połowę średnicy wiercenia, dla powiercania (wiercenia w niepełnym materiale otworu) jest to połowa różnicy średnic. Pole nominalne przekroju poprzecznego A jest równe iloczynowi posuwu f i głębokości skrawania a_p , $A = f \times a_p$, wyrażone w mm^2 . Z geometrycznych relacji wynikają proste dwie zależności (p. Rys. 4.1).

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ oraz } h = f \cdot \sin \kappa_r$$

Dla przypadku, gdy wierzchołek ostrza znajduje się dokładnie w osi przedmiotu i gdy kąty opisujące położenie powierzchni natarcia $\lambda_s = 0$ i $\gamma_o = 0$, pole przekroju poprzecznego jest równe polu nominalnemu (p. Rys. 4.2).



Rys. 4.1 Zmienność parametrów geometrycznych warstwy skrawanej



Rys. 4.2 Parametry technologiczne i geometryczne warstwy skrawanej

Wynika z wyprowadzonych zależności, że:

$$A = f \cdot a_p = \frac{h}{\sin \kappa_r} \cdot b \cdot \sin \kappa_r = h \cdot b$$

mimo, że zależności tej wyrugowany został kąt κ_r , to należy pamiętać, że jest on parametrem wpływającym na wartość grubości warstwy skrawanej.

Dla przykładu, przy posuwie $f = 0,01\text{mm}$ i kącie $\kappa_r = 20^\circ$, grubość warstwy skrawanej wynosi

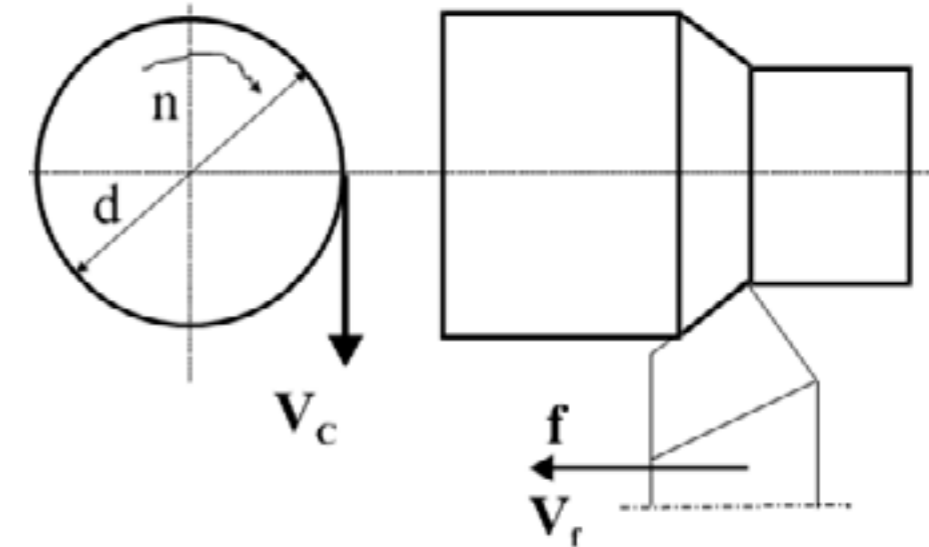
$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,034 \text{ mm},$$

może to być wartość krytyczna, bo często promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej r_n ma wartość równą wyliczonemu h . Uniemożliwia to stabilne skrawanie. I chociaż małe wartości zmniejszają obciążenie jednostkowe, co jest pożądane, to jednocześnie zbliża do niekorzystnych

relacji $\frac{h}{r_n}$.

Technologiczne parametry skrawania.

Ruch narzędzia lub przedmiotu obrabianego warunkujący istnienie procesu skrawania nazywamy ruchem głównym. Ruch główny jest najczęściej ruchem obrotowym lub prostoliniowym zwrotnym (struganie), w czasie którego przy wyłączonym posuwie skrawanie zachodzi w jednym cyklu (podczas jednego obrotu, jednego skoku).



Rys. 4.3. Ruch obrotowy i prostoliniowy zwrotny

Prędkością obrotową n (obr/min) nazywamy wielkość charakteryzującą najczęściej ruch główny, wyrażoną liczbą obrotów przedmiotu obrabianego lub narzędzia (np. wiercenie, frezowanie), wykonanych w czasie jednej minuty.

Prędkość skrawania jest prędkością ruchu głównego v (m/min) odpowiadającą chwilowej prędkości rozpatrywanego punktu styczności krawędzi skrawającej z przedmiotem obrabianym. Prędkość skrawania wyraża długość drogi, jaką ten punkt styczności przebywa w jednostce czasu w ruchu głównym (rys.), określamy ją według zależności: $v = \pi D n / 1000$ m/min (D – średnica powierzchni obrabianej (toczenie zewnętrzne), powierzchni obrobionej (toczenie wewnętrzne), narzędzia (wiercenie, rozwiercanie, frezowanie itp.), w mm, n – prędkość obrotowa, w obr/min).

Przy zadanej prędkości skrawania, prędkość obrotowa może być określona z zależności: $n = 1000v / \pi D$ obr/min. Warto zwrócić uwagę, że średnica przedmiotu obrabianego jest zmienna wzdłuż krawędzi skrawającej. Z uwagi na trwałość ostrza, za prędkość skrawania przyjmujemy prędkość odpowiadającą maksymalnej średnicy toczenia zewnętrznego wzdłużnego przy określaniu prędkości skrawania uwzględniamy średnicę powierzchni obrobionej, a przy toczeniu wewnętrznym średnicę powierzchni obrabianej. Podczas toczenia wzdłużnego, przy niezmienniej średnicy D , stałej prędkości obrotowej n , prędkość skrawania jest stała. Podczas toczenia poprzecznego, tj. w kierunku prostopadłym do osi tokarki, prędkość skrawania zmienia się od wartości maksymalnej, odpowiadającej położeniu ostrza na średnicy zewnętrznej przedmiotu obrabianego, do zera – przy przemieszczeniu ostrza na oś przedmiotu obrabianego. W definicji prędkości skrawania i przytoczonych tu zależnościach pomija się prędkość ruchu posuwowego ze względu na bardzo małe wartości w porównaniu z wartościami prędkości ruchu głównego.

Ruch narzędzia lub przedmiotu obrabianego (np. struganie poprzeczne) warunkujący wraz z ruchem głównym usunięcie warstwy materiału z powierzchni obrabianej nazywamy **ruchem posuwowym**. W zależnościach od kierunku i położenia ruchu może być: prostoliniowy, krzywoliniowy, wzdłużny, poprzeczny, poziomy, pionowy, ukośny.

Kierunek ruchu posuwowego określony jest linią wyznaczającą położenie wektora prędkości ruchu posuwowego rozpatrywanego punktu styczności krawędzi skrawającej ostrza z przedmiotem obrabianym (rys).

Posuwem na obrót p (mm/obr) nazywamy wartość linię przemieszczenia narzędzi lub przedmiotu

obrabanego odpowiadającą jednemu obrotowi ruchu głównego (rys).

Prędkością posuwu lub **posuwem minutowym** pt (mm/min) lub vf (m/min) jest chwilowa prędkość ruchu posuwowego wyrażona stosunkiem drogi, jaką przebywa w tym ruchu narzędzie lub przedmiot obrabiany (rys), do czasu. Posuw minutowy (prędkość posuwu) związany jest z prędkością obrotową zależnością $pt = p \cdot n$ mm/min $vf = pt/1000 = pn/1000$ m/min Prędkością skrawania wypadkową ve (m/min) nazywamy sumę geometryczną prędkości ruchów głównego i posuwowego. Proces obróbki skrawaniem powinien być tak przeprowadzony, aby przy najmniejszych możliwych kosztach uzyskana została wymagana przez odbiorcę jakość obrabianych części, a czas ich wykonania nie przekroczył czasu określonego w zamówieniu. W pewnym uproszczeniu można przyjąć, że optymalizacja procesu skrawania polega na właściwym doborze technologicznych parametrów skrawania: g , p i v .

Dobór głębokości skrawania g

Dobór głębokości skrawania musi być poprzedzony ustaleniem naddatków na obróbkę. Wielkość naddatku całkowitego – warstwy materiału, która powinna być usunięta z surówki dla otrzymania gotowej części – określa się orientacyjnie na podstawie liczby przejść niezbędnych do uzyskania założonej dokładności wykonania danej części. W pewnym uproszczeniu można przyjąć, że każde przejście poprawia klasę dokładności o 2 tzn. przejście z IT13 do IT7 wymaga trzech przejść, a do IT6 – czterech. Naddatek na każde przejście musi być na tyle duży, aby usunąć błędy obróbki powstałe podczas wcześniejszego przejścia. Wzrost dokładności wykonania danej części w kolejnych obróbkach powoduje, że głębokości skrawania cały czas maleją. Stąd w obróbkach zgrubnych i półwykańczających głębokości skrawania są dość duże, a w obróbkach wykańczających i dokładnej bardzo małe.

Dobór prędkości posuwu

Dobór posuwu decyduje najbardziej o dokładności obróbki (szczególnie o chropowatości powierzchni) i jej wydajności. Im mniejszy posuw tym chropowatość obrabianej powierzchni jest mniejsza (stąd przy obróbkach wykańczających i dokładnych posuw powinien być możliwie jak najmniejszy). Niestety wraz ze zmniejszaniem prędkości posuwu zmniejsza się również wydajność obróbki, a jej czas wydłuża się. Dobór prędkości posuwu musi więc zapewniać wymaganą jakość powierzchni przy maksymalnej możliwej wówczas wydajności obróbki.

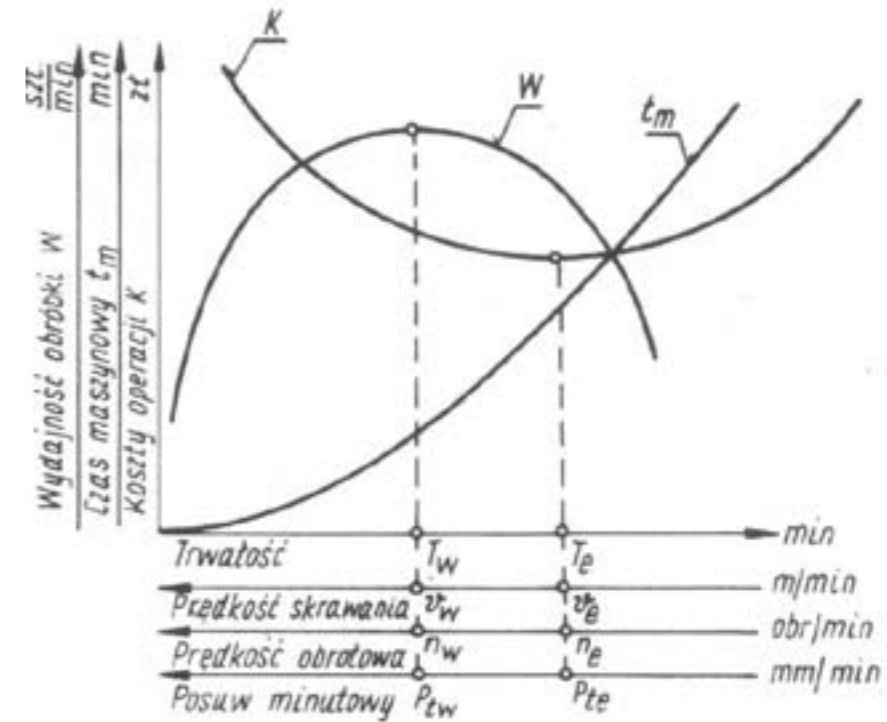
Dobór prędkości skrawania

Dobór prędkości skrawania wynika z założonej trwałości ostrza, tzn. czasu, po którym ostrze jest ostrzone lub wymieniane. Zwiększenie prędkości skrawania, zwiększa co prawda wydajność obróbki, ale zmniejsza trwałość ostrza i zmusza do częstszej jego wymiany lub ostrzenia. Istnieje prędkość skrawania, przy której wydajność obróbki jest maksymalna, tzw. prędkość skrawania największej wydajności v_w (odpowiada jej trwałość największej wydajności T_w). Zwiększanie prędkości skrawania powyżej v_w nie powoduje wzrostu wydajności obróbki, lecz jej spadek, gdyż skrócenie czasu obróbki jest mniejsze niż czas stracony na ostrzenie lub wymianę narzędzia. Istnieje również prędkość skrawania, przy której koszty wykonania obróbki są najmniejsze, tzw. ekonomiczna prędkość skrawania v_e (odpowiada jej ekonomiczna trwałość ostrza).

Ekonomiczna prędkość skrawania v_e jest zawsze mniejsza od prędkości skrawania największej wydajności v_w . Rzeczywista dobrana prędkość skrawania powinna być zawarta w przedziale $\langle v_w; v_e \rangle$.

Wydajność obróbki i jej koszty w funkcji prędkości skrawania (trwałości ostrza)

Na wykresie występują dwa punkty charakterystyczne: trwałość największej wydajności T_w i trwałość ekonomiczna T_e . Ich wyznaczenie jest bardzo skomplikowaną sprawą, gdyż wymaga znalezienia funkcji wydajności obróbki i funkcji kosztów obróbki, uwzględniających istotne czynniki mające wpływ na koszty i wydajność obróbki (m.in. posiadane przez firmę obrabiarki, ich sztywności i dokładności, narzędzia, koszty ogólne itd.).



Rys. 4.4. Wykres trwałości ostrza

Dla najprostszego przypadku obróbki – jednym narzędziem – opracowano wzory pozwalające określić wartości trwałości największej wydajności T_w i trwałości ekonomicznej T_e .

Mają one postać:

$$T_w = \tau (s-1) tz$$

$$T_e = \tau (s-1) (tz + Kn/Ko),$$

gdzie:

$$\tau = t_{skr}/t_m \leq 1,$$

s – określony doświadczalnie wykładnik z zależności między prędkością skrawania a trwałością narzędzia,
 tz – czas wymiany stępionego narzędzia,
 Kn – koszty związane z eksploatacją narzędzia, przypadające na jeden okres trwałości (koszty materiału i wykonania narzędzia, koszty ostrzenia),
 Ko – koszty minutowe obrabiarki uwzględniające amortyzację, obsługę, koszty administracyjne i inne koszty ogólnozakładowe.

Czas obróbki

Wyróżnia się następujące czasy obróbki:

czas maszynowy t_m – czas trwania ruchu posuwowego, określanej stosunkiem długości przejścia L w ruchu posuwowym do prędkości ruchu posuwowego pt

$$t_m = \frac{L}{p_t}$$

gdzie:

$$L = l_d + l + l_w$$

pt – posuw minutowy

l_d – dobieg

l_w – wybieg

l – długość przedmiotu

czas skrawania t_{skr} – czas trwania styku ostrza z materiałem (zwykle mniejszy od maszynowego)

$$t_{skr} = \frac{l_{skr}}{p_t} = \tau \cdot t_m$$

gdzie:

$$\tau = \frac{l_{skr}}{L}$$

czas niemaszynowy obróbki t_n – czas przygotowawczo-zakończeniowy (czas na zapoznanie się z dokumentacją, pobranie narzędzi, uzbrojenie maszyny, rozliczenia się z wykonanej roboty, doprowadzenie stanowiska do stanu wyjściowego), + czas obsługi technicznej (wymiana narzędzi) + czas obsługi organizacyjnej (czyszczenie i smarowanie maszyny) + czas przerw uzasadnionych (przerwy na potrzeby naturalne + czas na odpoczynek pracownika) czas jednostkowy obróbki t_j – czas potrzebny do wykonania jednej sztuki wyrobu:

$$t_j = t_m + t_n$$

Wyznaczenie w/w czasów jest niezbędne ze względu na:

- określenie obciążenia poszczególnych obrabiarek,
- określenie kosztów pracy,
- określenie obciążenia fizycznego poszczególnych pracowników,
- znalezienie tzw. „wąskich gardeł” w produkcji.

Wydajność obróbki

Wydajność obróbki W (wydajność produkcyjna, wydajność jednostkowa) określa liczba operacji (części, sztuk), wykonywanych w jednostce czasu:

$$W = \frac{1}{t_j}$$

Wydajność skrawania można wyrazić także innymi sposobami:

- wydajność objętościowa Q_v (objętość warstwy skrawanej w jednostce czasu)

$$Q_v = 1000 \rho p v \text{ [mm}^3\text{/min]},$$

- wydajność masowa Q_m (masa warstwy skrawanej w jednostce czasu)

$$Q_m = 1000 \rho g p v \text{ [g/min]},$$

gdzie:

ρ – gęstość materiału obrabianego w [g/mm³],

g – głębokość skrawania w [mm],

p – posuw na obrót w [mm/obr],

v – prędkość skrawania w [m/min].

Koszty obróbki w funkcji dokładności obróbki – ekonomiczna dokładność obróbki:

Dla każdej metody obróbki istnieje najwyższa osiągalna dokładność, powyżej której zwiększenie czasu obróbki nie daje pożądanego efektu.

Dla każdej metody obróbki istnieje pewien czas minimalny (koszt minimalny) poniżej którego czas obróbki nie zmniejsza się nawet przy dowolnie dużym zwiększeniu tolerancji wymiaru.

Zależność pomiędzy czasem obróbki t a dokładnością wykonania Δ można wyrazić wzorem:

$$t = \frac{A}{\Delta^k}$$

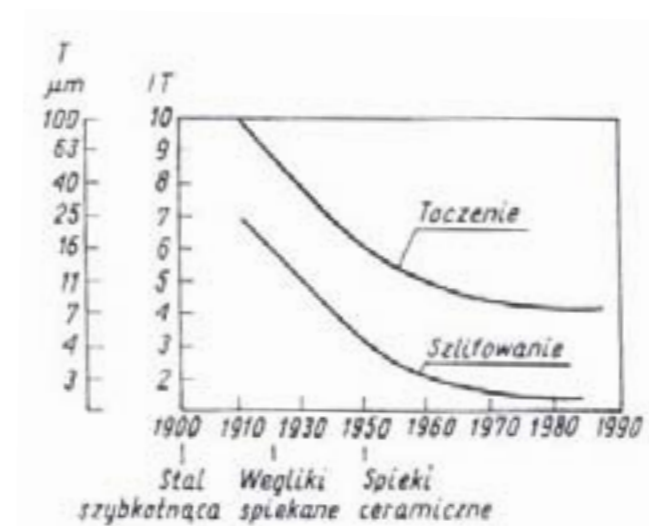
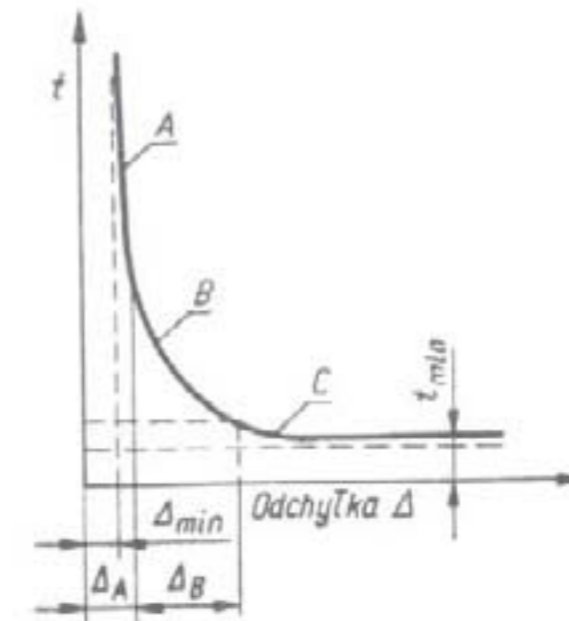
Krzywą można podzielić na trzy odcinki: A, B, C.

Odcinek A (bardzo stromy) odpowiada warunkom, kiedy ze względu na brak właściwych obrabiarek żadaną dokładność uzyskuje się w sposób nieekonomiczny przez zastosowanie metod obróbki odpowiednich dla niższej dokładności, a więc przez zwiększenie czasu wykonania lub zatrudnienie pracownika o wyższych

kwalifikacjach. Dokładność uzyskiwana w ten sposób nazywana jest dokładnością osiągalną.

Odcinek B odpowiada warunkom obróbki z dokładnością ekonomiczną.

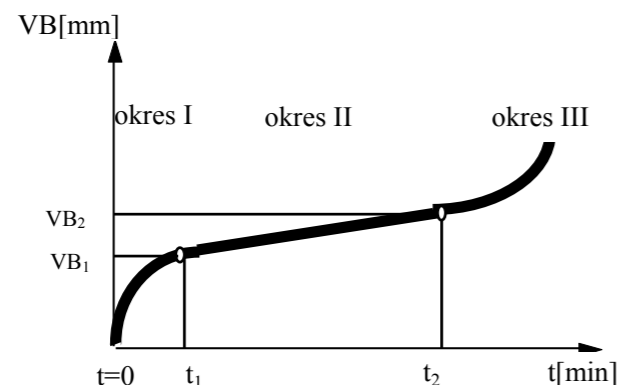
Odcinek C odpowiada takim warunkom obróbki, kiedy osiągnięta dokładność znacznie przekracza żadaną, np. zastosowanie szlifowania tam, gdzie wystarczyłoby tylko toczenie. Postępowanie takie jest niewłaściwe, gdyż przy zastosowaniu innej metody obróbki można osiągnąć żądany cel szybciej i taniej. Zakres dokładności odpowiadający odcinkowi C jest nazywany dokładnością gwarantowaną.



Rys. 4.5. Koszty obróbki w funkcji dokładności obróbki – ekonomiczna dokładność obróbki

5. Zużycie narzędzi skrawających

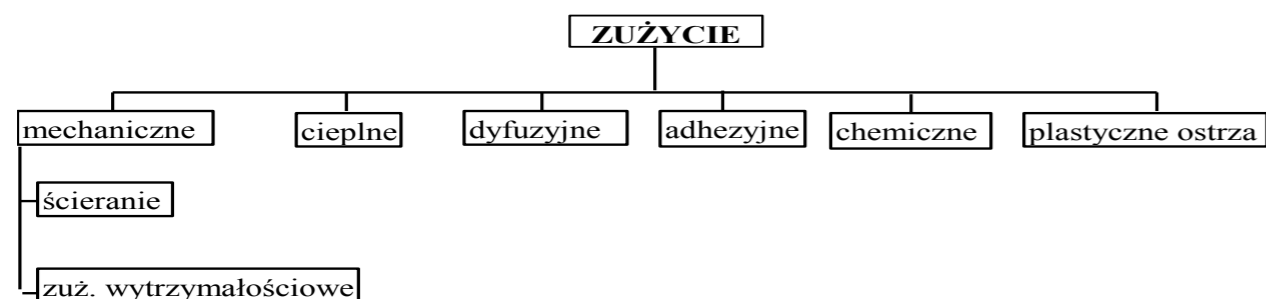
Badania przebiegu zużycia ostrza wykazały, że obserwowane parametry, które je charakteryzują, zachowują się w sposób zilustrowany na Rys. 5.1. Tę krzywą spotyka się w literaturze pod nazwą krzywa Loranza. Wyróżnia onatry różne okresy zmian wielkości wskazujących na zużycie.



Rys. 5.1 Przebieg typowej krzywej zużycia

W pierwszym okresie obserwuje się dynamiczny przyrost wartości VB do czasu równego t_1 . Tłumaczy się to szybkim docieraniem powierzchni roboczych ostrza. Okres ten trwa tylko kilka minut, a odpowiadające mu zużycie wynosi dziesiąte części milimetra. Postępujące zużycie od tej chwili, przez cały okres II, zaczyna przyrastać niemal liniowo. W okresie III następuje gwałtowny przyrost zużycia i utrata zdolności skrawnych ostrza.

Wiadomo, że kształt krzywej zmienia się w zależności od parametrów skrawania, stosowanych płynów obróbkowych, własności plastycznych materiału obrabianego oraz stabilności własności wytrzymałościowych ostrza. Najkorzystniejszą wartością dopuszczalnego zużycia VB_{dop} jest to, które osiągane jest po czasie t_2 , odpowiadającym końcowi II okresu. Dopuszczenie do nadmiernego zużycia w III okresie wymaga usunięcia przez ostrzenie zbyt dużego naddatku materiału ostrza dla przywrócenia pełnych własności skrawnych.



Rys. 5.2 Podział rodzajów zużycia

Zużycie jest wynikiem nakładania się wielu rodzajów zużycia, które przebiegają z różną intensywnością zależnie od ciepła skrawania, na które największy wpływ ma prędkość skrawania (p. Rys. 5.2).

Zużycie mechaniczne związane jest z wzajemnym oddziaływaniem materiału skrawanego i narzędzia. Dwie postacie tego zużycia:

1. ścieranie – usuwanie materiału w wyniku przenikania nierówności trących powierzchni,
2. zużycie wytrzymałościowe – w wyniku przekroczenia granicy wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej, a objawami może być wyszczerbienie lub, gdy ubytki materiału są większe – wykruszenie. Zmęczeniowe zużycie przebiega bezobjawowo aż do chwili, gdy nastąpi nagłe wyszczerbienie.

Zużycie ciepłne ostrza, przekroczenie dopuszczalnej temperatury przez określony czas powoduje zmiany strukturalne materiału w warstwie wierzchniej. W wyniku następuje odhartowanie, spadek twardości i w skrajnym przypadku, przy początkowo utajonym przebiegu, nagłe upalenie ostrza.

Zużycie dyfuzyjne, w wyniku masowego przemieszczania na styku materiałów składników stopowych. Mechanizm ten intensyfikuje się przy określonej, dla danego pierwiastka, temperaturze aktywacji. Dla nowoczesnych materiałów narzędziowych temperatura skrawania osiąga wartość do 1000 – 1200°C. Początki dyfuzji obserwuje się już dla temperatury ostrza wynoszącej połowę temperatury jego topnienia.

Zużycie adhezyjne, w wyniku tworzenia i rozrywania chwilowych złączeń, których wystąpienie jest uwarunkowane zbliżeniem powierzchni na odległość wymiarów siatki krystalicznej oraz osiągnięciem dla pary trącej odpowiedniego progu aktywności energetycznej. Objawem tego zjawiska jest powstawanie narostu.

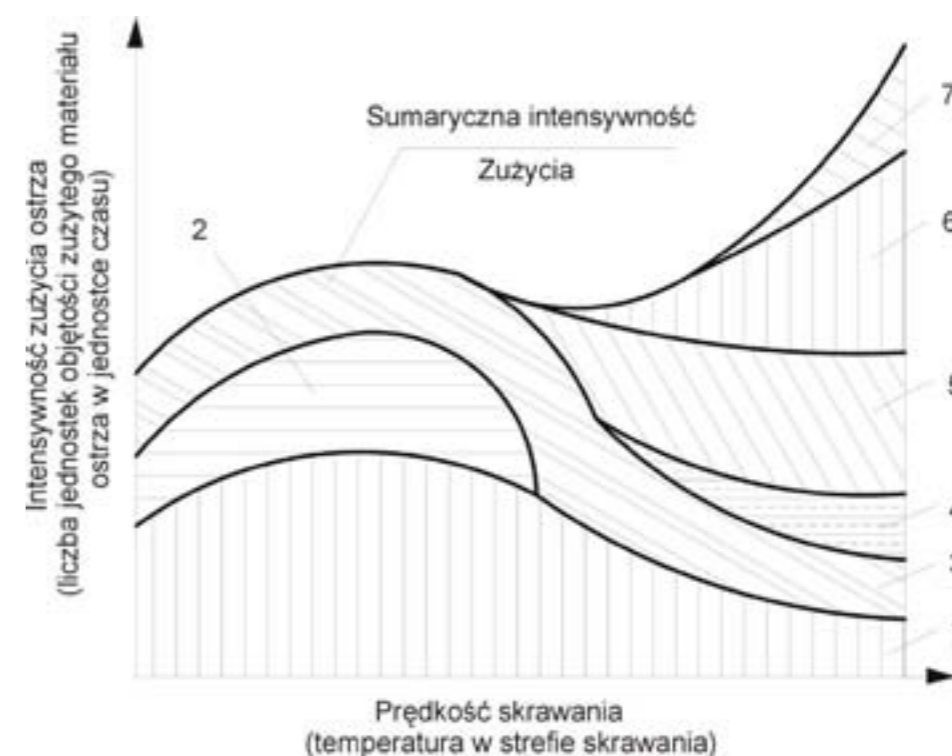
Zużycie chemiczne ostrza, przy podwyższonych temperaturach skrawania zachodzą reakcje chemiczne składników płynów obróbkowych z atmosferą, w wyniku powstają tlenki i azotki, które są usuwane w wyniku ruchu narzędzia. Wysoka aktywność nowopowstałej powierzchni sprzyja wybitnie przebiegom reakcji chemicznych.

Zużycie plastyczne ostrza, przy bardzo wysokich temperaturach i znacznych naciskach następuje uplastycznienie warstwy na powierzchni roboczej ostrza.

Widać także z przedstawionego podziału, że wspólnym, fizycznym parametrem sterującym większością procesów jest ciepło, którego miarą jest temperatura skrawania. Trudno określić udział poszczególnych rodzajów zużycia gdyż wpływają one na siebie i wykazują bardzo uwikłane związki.

Sumaryczne oddziaływanie wszystkich rodzajów zużycia powoduje po jakimś czasie utratę zdolności skrawnych.

Wskaźnik, który służy do wykazania, że osiągnięto ten stan i że dalsze skrawanie nie powinno być wykonywane, przyjmuje się jako kryterium stępienia. Jego wartość liniowa (bywa również objętościowa) może być różna, zależnie od podstawy oceny.



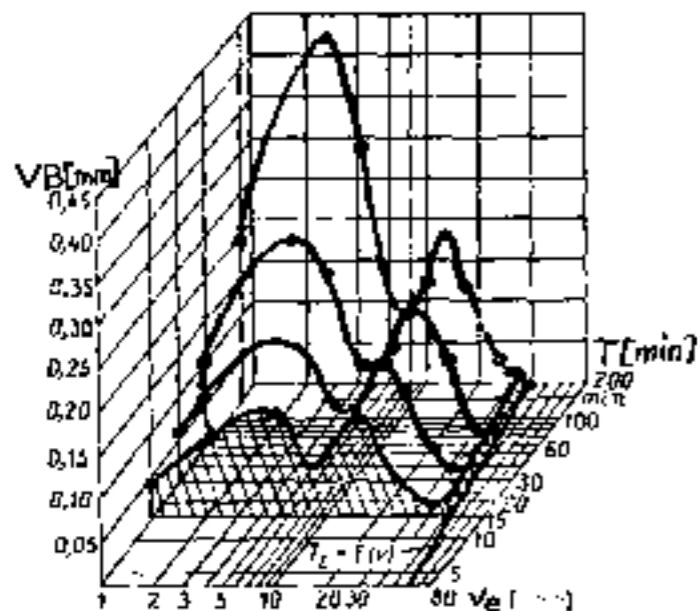
według Makarowa 1 – zużycie adhezyjne, 2 – zmęczenie mechaniczne, 3 – ścieranie mechaniczne, 4 – zmęczenie ciepłne, 5 – zużycie przez utlenianie, 6 – zużycie dyfuzyjne, 7 – wysokotemperaturowa deformacja plastyczna.

Przebiegi zużycia przebiegają współbieżnie. Ich aktywność zależy jednak od prędkości skrawania. Objawy są widoczne jako sumaryczne wytarcia na powierzchniach roboczych ostrza. W zależności od pary oddziaływujących materiałów odpowiednio przesuwają się maksymalne wartości przebiegów na krzywych. Jednak charakter krzywych pozostaje niezmienny.

Wskaźnik może mieć sens:

- fizyczny, wielkość obserwowana w chwili kończącej drugi okres z krzywej Loranza, do oceny wykorzystuje cosinusy składowych sił, drgania, hałas itp.,
- geometryczny, charakteryzujący zmiany wymiaru ostrza, skrócenie, wytarcie, głębokość żłobka itp.,
- technologiczny, wyznaczany w tym momencie, gdy następuje widoczne pogorszenie chropowatości powierzchni, utrata dokładności wymiaru i kształtu,
- ekonomiczny, związany już z optymalizacją, w której wybiera się uzasadnioną wartość zużycia z uwagi na koszt związany z przywróceniem skrawności narzędzia (najmniejszy) i zapewnieniem niezmiennie poprawnej jego pracy w okresie żywotności.

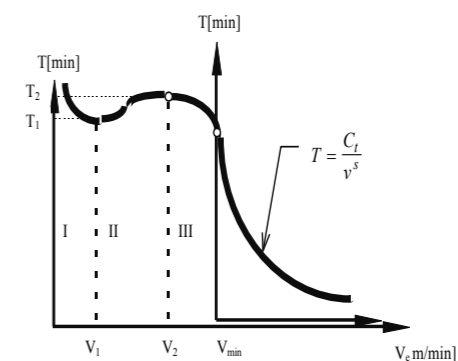
W przypadku drogiego narzędzia kształtowego, jakim jest przeciągacz łatwiej to zilustrować. Utrata stateczności wymiarowej przez nadmierne zużycie fizyczne powoduje w konsekwencji usuwanie dużego naddatku dla przywrócenia zdolności skrawnej ostrza i zmniejszenie dopuszczalnej liczby przeostrzeń w okresie żywotności przeciągacza. Oznacza to także mniejszą liczbę wykonanych detali.



Rys. 5.3 Zależność zużycia w funkcji prędkości i czasu skrawania

W zależności od prędkości skrawania oraz czasu skrawania ograniczonego trwałością T przebiegi parametru zużycia VB mają charakter nieliniowy (p. Rys. 5.3). Złożony mechanizm tarcia w obszarze zużycia powoduje pojawienie się dwóch maksimum. Pierwsze związane jest z przejściem do tarcia płynnego. Drugie związane jest z występowaniem narostu.

Po przyjęciu, że skrawanie powinno odbywać się z prędkościami omijającymi narost można do optymalizacji przyjmować wycinek przebiegu jak pokazano na Rys. 5.4



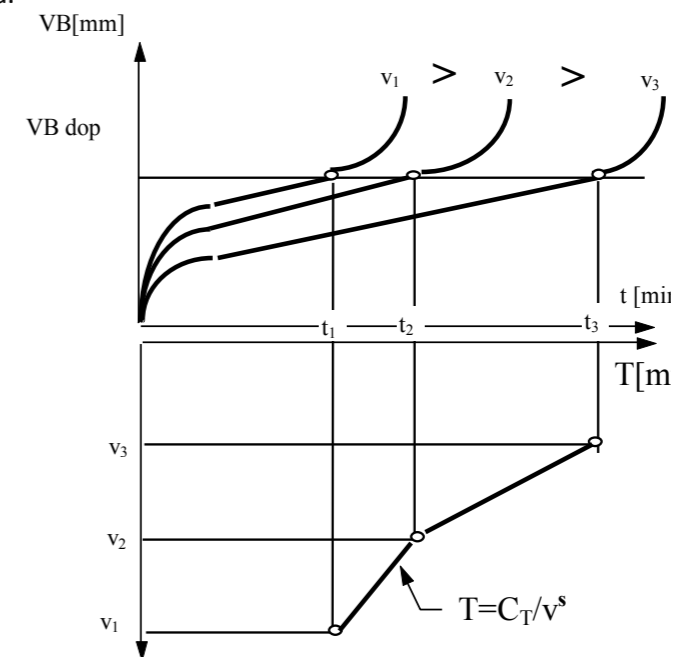
Rys. 5.4 Zależność trwałości od prędkości skrawania

Badania zużycia w szerokim zakresie prędkości skrawania wykazują charakterystyczny nieliniowy przebieg. Przedziały prędkości I i II dotyczą niskich prędkości skrawania. Praktyczne zainteresowanie dotyczy III przedziału gdyż związane to jest z najwyższą wydajnością obróbki. Przesunięcie początku układu współrzędnych do v_{min} pozwala opisać ten fragment przebiegu za pomocą wyrażenia:

$$v = \frac{C_v}{T^m} \text{ lub } T = \frac{C_T}{v^s}$$

dla $C_v = C_T^m$ obejmującej wszystkie pozostałe warunki skrawania, m lub $s = \frac{1}{m}$ są współczynnikami charakteryzującymi materiał skrawany, materiał narzędzia oraz rodzaj obróbki i warunki chłodzenie. Wykładnik m zmienia się w przedziale od 0,1 (dla stali obrabianej na sucho) do 0,3 (dla żeliwa obrabianego spiekami ceramicznymi). Wielkość T w minutach nazywana jest trwałością lub okresem trwałości i jest to czas niezbędny do osiągnięcia założonego kryterium zużycia.

Przebiegi zużycia dla trzech umownych prędkości skrawania v_1 do v_3 większych od v_{min} z Rys. 5.4, zmieniają się według krzywych pokazanych na Rys. 5.5. Dla wyższej prędkości skrawania, czas obróbki t_1 niezbędny do osiągnięcia dopuszczalnej wartości przyjętego wskaźnika zużycia VB jest krótszy niż dla mniejszej prędkości skrawania.



Rys. 5.5 Zasada tworzenia krzywej trwałości

W zależności od prędkości skrawania czasy niezbędne do doprowadzenia zużycia VB do określonej wartości układają się według krzywej trwałości T.

Współczynniki C_T i C_V uwzględniają wszystkie pozostałe zmienne, które pozostają na ustalonym poziomie przy wyznaczaniu krzywej. Z uwagi na największy wpływ na trwałość właśnie prędkości skrawania, stosuje się w praktyce uproszczony wzór 2.38.

Płyny obróbkowe – chłodzące i smarujące

Skrawanie metali odbywa się w warunkach dostępu powietrza, którego skład zależy od zanieczyszczeń wydzielanych przez urządzenia z otoczenia. Powietrze umożliwia odprowadzanie powstającego ciepła a jego składniki, w podwyższonych temperaturach i przy wysokiej aktywności fizycznej i chemicznej powstałej powierzchni, tworzą na niej różne związki chemiczne o nie zawsze korzystnym działaniu. Wysokim temperaturom skrawania towarzyszy intensywne zużycie powierzchni roboczych ostrza w wyniku obniżenia odporności termicznej i utraty własności skrawnych. Ogólnie należy stwierdzić, że wysoka temperatura i duże ilości ciepła wydzielone w strefie skrawania, wpływają negatywnie na wyniki obróbki. Chłodzenie strefy skrawania jest, nieodzowne.

Wysokie naciski w otoczeniu krawędzi skrawającej (dla stali ponad 2000 MPa) uniemożliwiają tworzenie klina z cieczy między powierzchnią ostrza i materiału obrabianego. Możliwe jest jednak wytworzenie takich wytrzymałych na wysokie ciśnienia i temperatury warstewek dzięki dodatkom, zawartym w cieczy obróbkowej, wchodzącym w reakcje chemiczne ze składnikami materiału obrabianego oraz związkami wcześniej powstałymi na powierzchni obrobionej. Warstewki te zachowywać się będą jak stałe lub plastyczne nie dopuszczając do metalicznego styku powierzchni narzędzia i przedmioty obrabianego. Przy podwyższonej wytrzymałości warstewki na ścinanie można zmniejszyć tarcie, w wyniku, zmniejszyć ilość wydzielonego ciepła a przez to zmniejszyć zużycie ostrza. Dwie podstawowe funkcje cieczy obróbkowych: chłodzenie i smarowanie mają za zadanie zminimalizowanie energochłonności obróbki, zmniejszenie oporów skrawania, ułatwienie tworzenia wiórów i ich postaci łatwej do usuwania, ochronę antykorozyjną; przedmiotów, narzędzi, uchwytów i obrabiarki, zwiększenie trwałości narzędzi i obrabiarki oraz utrzymanie dobrej jakości wykonanych powierzchni i dokładności wymiarowo–kształtowej. Funkcje te osiągnąć są przez:

- poprawę intensywności odprowadzania ciepła ze strefy skrawania, chłodzenie strefy skrawania i przedmioty obrabianego, podwyższenie zdolności do przejmowania dużej ilości ciepła oraz zwiększenie przewodności cieplnej, w celu zmniejszenia jego szkodliwego wpływu na zużycie dyfuzyjne i cieplne,
- zminimalizowanie skutków działania tarcia przez smarowanie trących powierzchni narzędzia i powstającej powierzchni, prowadzące do zmniejszenia jej chropowatości i ułatwieniu przez swoją obecność na powierzchni obrabianej, przebiegu plastycznych odkształceń, zmniejszające zużycie oraz zapotrzebowanie na moc skrawania o 10 do 15%,
- otrzymanie korzystnej postaci wiórów, przez zmiany własności plastycznych materiału obrabianego w wyniku obniżenia temperatury i ułatwienie ich usuwania przez otrzymywanie drobnych form elementowych,
- zmywanie metalicznego pyłu z powierzchni narzędzia i przedmioty, pojawiającego się jak to wcześniej wykazano w wyniku ograniczonych możliwości pracy wierzchołka ostrza,
- ochronne zabezpieczenie przed korozją i uszlachetnianie powierzchni obrobionej polegające na tworzeniu powłok na powierzchni metalu, uniemożliwiających korozję przedmioty, narzędzi i obrabiarki.

Spełnienie jednocześnie, w zadawalającym stopniu, wszystkich wymagań jest trudne. Poprawiając jedno z oczekiwań tracimy możliwość wpływu na inne.

Rodzaje zużycia narzędzia:

1. Starcie na powierzchni przyłożenia;

a) zużycie – szybkie starcie na powierzchni przyłożenia, powodujące niską jakość powierzchni obrobionej oraz niezgodności wymiarowe detalu,

b) przyczyna – zbyt duża prędkość skrawania lub za niska odporność na ścieranie,

c) środki zaradcze – wybrać gatunek o większej odporności na ścieranie. Dla materiałów mających skłonność do utwardzania się w czasie obróbki, należy zastosować mniejszy kąt przystawiania. Zmniejszyć prędkość skrawania przy obróbce materiałów żaroodpornych.

2. Odkształcenie plastyczne;

a) zużycie – odkształcenie plastyczne krawędzi skrawającej, obniżenie lub odcisk na powierzchni przyłożenia, prowadzące do złych warunków łamania i odprowadzania wióra, niskiej jakości powierzchni obrobionej oraz złamania płytki,

b) przyczyna – zbyt duża temperatura skrawania oraz nacisk na powierzchnię natarcia płytki,

c) środki zaradcze – zastosować twardszy gatunek o większej odporności na ścieranie. Zmniejszyć prędkość skrawania. Zmniejszyć posuw.

3. Krater na powierzchni natarcia;

a) zużycie – nadmierne zużycie w formie krateru, powodujące osłabianie krawędzi skrawającej oraz niską jakość powierzchni obrobionej,

b) przyczyna – zbyt duża temperatura wydzielająca się w czasie obróbki oraz zbyt duże naciski na powierzchnię natarcia płytki,

c) środki zaradcze – najpierw zmniejszyć prędkość skrawania aby obniżyć temperaturę, w drugiej kolejności zmniejszyć posuw. Wybrać bardziej odporny na ścieranie gatunek.

4. Narost;

a) zużycie – zgrzanie wióra do powierzchni przyłożenia i wyrwanie fragmentu krawędzi skrawającej, powodujące niską jakość powierzchni obrobionej,

b) przyczyna – zbyt niska temperatura w strefie skrawania. Ujemna geometria płytki. Ciągliwy, klejący się do ostrza płytki materiał np. stal niskowęglowa, nierdzewna lub aluminium,

c) środki zaradcze – zwiększyć prędkość skrawania. Wybrać płytkę o dodatniej geometrii.

5. Pęknięcia cieplne;

a) zużycie – małe pęknięcia prostopadłe do krawędzi skrawającej, powodujące łuszczenie oraz niską jakość powierzchni obrobionej,

b) przyczyna – zbyt duże zmiany temperatury. Obróbka przerywana. Nierównomierne dostarczanie chłodziwa,

c) środki zaradcze – wybrać gatunek o większej udarności. Chłodziwo powinno być podawane obficie w lub ogóle.

6. Złamanie krawędzi;

a) zużycie – zniszczeniu może ulec nie tylko płytka, ale również podkładka i przedmiot obrabiany,

b) przyczyna – zbyt kruchy gatunek węgla. Za duże obciążenia płytki. Za duży kąt przyłożenia płytki. Za mały rozmiar płytki,

c) środki zaradcze – wybrać bardziej ciągliwy gatunek węgla. Zmniejszyć posuw i/lub głębokość skrawania. Wybrać płytkę o mniejszym kącie przyłożenia i/lub natarcia, najlepiej płytkę jednostronną.

7. Wykruszenia;

a) zużycie – małe wykruszenia na krawędzi skrawającej, prowadzące do niskiej jakości powierzchni obrobionej oraz nadmiernego starcia na powierzchni przyłożenia,

b) przyczyna – zbyt krucha krawędź skrawająca. Za słaba krawędź płytki. Utworzył się narost,

c) środki zaradcze – wybrać gatunek o większej udarności. Wybrać płytkę o mocniejszej krawędzi skrawania. Zmniejszyć prędkość skrawania.

8. Powstanie karbów;

a) zużycie – karby powodują niską jakość powierzchni obrobionej oraz ryzyko złamania krawędzi,

b) przyczyna – za duża prędkość skrawania lub niedostateczna odporność na ścieranie,

c) środki zaradcze – wybrać gatunek o większej udarności. Wybrać płytkę o mocniejszej krawędzi skrawania. Zmniejszyć prędkość skrawania.

6. Nowe tendencje w zakresie obróbki skrawaniem

Obróbki wysokowydajne – High Speed Machining

Obróbki szybkościowe (wysokowydajne) HSM trudno jednoznacznie zdefiniować. Obecnie terminem HSM określa się kompleksowe obróbki wysokowydajne, z uwzględnieniem systemów transportu przedmiotów obrabianych. Rozwój technologii HSM doprowadził do wyodrębnienia i jednakowego traktowania zagadnień szybkościowych (HSx) i dotyczących materiału (Hx). W zakresie szybkościowym rozróżnia się HSC (High Speed Cutting), HSS (High Speed Spindle), HFM (High Feed Machining), HFSM (High Speed and Feed Machining) oraz HPM (High Productive Machining), zagadnienia te rozpatrywane są przede wszystkim w związku z parametrami obróbkowymi. Obszar materiałowy dotyczy obróbek materiałów twardych, o twardości od 45 do 63 HRC, stosuje się w nim określenie HC (Hard Cutting), obejmujące HT (Hard Turning), HM (Hard Milling), a także HD (Hard Drilling).

Tak szerokie spektrum problematyki HSM, m.in. dobór parametrów obróbkowych, materiałów narzędziowych, sposobu chłodzenia czy gabarytów przedmiotów obrabianych, powoduje, o że zaliczeniu danej obróbki do HSM decyduje analiza jak największej liczby czynników.

Obróbkę HSx można więc zdefiniować jako obróbkę skrawaniem z zastosowaniem podwyższonych parametrów obróbkowych (co prowadzi do uzyskania mniejszych sił skrawania, korzystniejszego rozproszenia energii cieplnej), z wykorzystaniem oprzyrządowania i narzędzi specjalistycznych oraz obrabiarek specjalizowanych i specjalnych, przeznaczonych głównie lub wyłącznie do obróbek HSM.

Główne zalety HSM:

- wysokie tempo usuwania nadmiaru,
- skrócenie czasu produkcji,
- mniejsze siły skrawania,
- korzystne rozpraszanie energii cieplnej, powodujące zmniejszenie odkształceń przedmiotu obrabianego.

Główne wady HSM:

- nadmierne zużycie narzędzia,
- wymóg specjalnych narzędzi (materiały, dokładne wykonanie),
- konieczność stosowania specjalnych obrabiarek, wyposażonych w zaawansowane wrzeciona, prowadnice, systemy chłodzenia i stabilizacji temperaturowej, oprawki narzędziowe, zapewniające współosiowość i wyważenie narzędzia.

Technologia HSx/Hx stosowana jest, gdy:

- obróbka tego typu jest praktyczniejsza od szlifowania – osiągnięte właściwości warstwy wierzchniej (chropowatości powierzchni) umożliwiają rezygnację ze szlifowania,
- konieczne jest zdjęcie większej grubości warstwy skrawanej, niż jest to dopuszczalne w szlifowaniu,
- następuje obróbka przerywana.

Wdrożenia technologii obróbki wysokowydajnej przynoszą wymierne korzyści, do których zaliczyć można: wzrost wydajności, sprzedaży, elastyczności przedsiębiorstwa w realizowaniu nowych produktów z zachowaniem wysokiej dokładności (można uzyskiwać tolerancje obróbki rzędu 0,005 mm, choć niktóre źródła podają 0,02 mm). Technologie HSx/Hx znalazły zastosowanie przede wszystkim wśród producentów

form dla przemysłu samochodowego, przetwórstwa tworzyw sztucznych, energetycznego, a także producentów elektrod (obróbki EDM). Obróbki HSx/Hx z powodzeniem mogą zastępować obróbkę EDM, wpływając na zwiększenie wydajności (w określonych przypadkach oszczędność czasu nawet do 50 godzin). Sekwencyjne i hybrydowe toczenie zahartowanej laserowo warstwy wierzchniej stali stopowych Do technologii rozwojowych niewątpliwie zalicza się sekwencyjne i hybrydowe toczenie zahartowanej laserowo warstwy wierzchniej. W technologii tej oddziaływanie na warstwę wierzchnią jest nie tylko mechaniczne ale i termiczne.

Szczególą rolę odgrywa tu energia lasera doprowadzona w miejsce obróbki, co pozwala na skrawanie bardzo twardych materiałów jak ceramika, stopy niklu itp.

Zalety laserowego hartowania powierzchniowego przedmiotów osiowo-symetrycznych na specjalnie wyposażonej tokarce w porównaniu z tradycyjnymi metodami hartowania to:

- ekologiczność procesu,
- powtarzalność wyników,
- możliwość hartowania tylko wybranych fragmentów obrabianej części,
- wyeliminowanie środka chłodzącego.

Literatura

1. Wiesław Olszak, Obróbka skrawaniem, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2009.
2. Bory Stoch, Podstawy obróbki skrawaniem, Koszalin 2008.
3. Piotr Cichosz. Narzędzia skrawające, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2006.
4. Materiały techniczne, katalogi firm: WALTER, MITSUBISCHI, GUHRING.