

POLITECHNIKA RADOMSKA
im. Kazimierza Pułaskiego
w Radomiu
WYDZIAŁ MECHANICZNY

ZASADY FORMALNE PISANIA PRACY DYPLOMOWEJ

Klasyczna zawartość pracy:

1. Strona tytułowa;
2. Spis treści;
3. Od Autora;
4. Wykaz oznaczeń;
5. Wstęp (musi zawierać **Cel i zakres pracy**);
6. Teoretyczne rozpoznanie zagadnienia na podstawie literatury;
7. Opis części doświadczalnej (dla prac konstrukcyjnych, technologicznych, badawczych);
8. Podsumowanie (prac teoretycznych), wnioski (prac projektowych, badawczych. Wnioski - **pozytywne, negatywne i propozycje rozwoju danej techniki** - ponumerowane;
9. Literatura;
10. Spis rysunków;
11. Spis tabel;
12. Niezbędne załączniki, np. rysunki konstrukcyjne formatu większego niż A4, programy komputerowe, opis procesu technologicznego;
13. Oświadczenie studenta o samodzielnym wykonaniu pracy (według określonego wzoru).

W końcowej części pracy (o objętości minimum 50 stron dla pracy inżynierskiej i minimum 60 stron dla prac magisterskich) należy wkleić kopertę z płytą CD ze skopiowaną pracą dyplomową podpisaną imieniem i nazwiskiem autora oraz tytułem pracy dyplomowej.

Student przekazuje do Dziekanatu 2 egzemplarze pracy dyplomowej zszytej (niebindowanej) oprawionej w miękkie okładki (przezroczysta okładka od strony tytułowej), przyjętej i podpisanej przez promotora z datą na stronie tytułowej.

W końcowej części niniejszych zasad pisania pracy dyplomowej przedstawiono przykład pisania: **strony tytułowej, spisu treści, przykład treści, literatury.**

EDYCJA PRACY

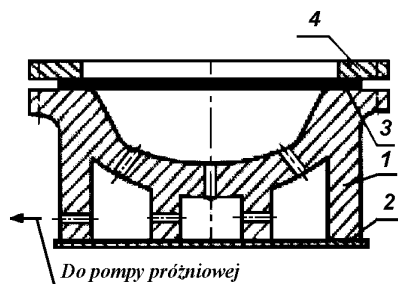
1. Format A4; praca powinna być pisana (drukowana) dwustronnie; marginesy strony: górny: 2,5 dolny: 2,5 zewnętrzny: 2,0 wewnętrzny: 3,0 (na oprawę) *(uwaga: przy drukowaniu dwustronnym szerszy margines będzie pojawiał się inaczej na stronach parzystych i nieparzystych tzw. margines zewnętrzny i wewnętrzny).*
2. Tekst podstawowy w całej pracy **tylko Times New Roman CE** - w tekście czcionka 12, na rysunkach, wykresach, tabelach i schematach czcionka 11, odstęp między wierszami -1 - „interlinia pojedyncza”.
3. Wyrównanie tekstu obustronne *(uwaga - gdy druk obustronny inaczej justowane na stronach parzystych, a inaczej na stronach nieparzystych)*, bez pozostawiania pojedynczych liter na końcu wiersza.
4. Akapity konsekwentnie w całej pracy, pierwszy wiersz - wcięcie specjalne 0,75; akapity związane są z grupą myśli, a więc nie powinny być w pracy jednozdaniowe.
5. Wcięcia w tekście przy wyliczaniu problemów ustalić na głębokość akapitu.
6. Nie stosuje się żadnych podkreśleń i cudzysłowów (z wyjątkiem cytatów).
7. Elementy, które chce się uwypuklić – wytłuszcza się (**bold**), lub pisze *kursywą*.
8. Tabele, schematy, rysunki, wykresy – należy nazwać i numerować w kolejności w

- całej pracy. Nie mogą one być wysunięte poza marginesy strony. Nie dzielić tabel stronami, tylko przenosić na jedną stronę, z wyjątkiem wielostronicowych tabel, zaznaczając nad tabelą np.: Tabela 1 (c.d.) (według wzoru poniżej).
9. Tytuły główne rozdziałów np. **1. WSTĘP** należy pisać wielkimi literami (**WERSALIKAMI**), czcionką 14 pkt. wytłuszczoną. Każdy główny rozdział należy rozpoczynać na nowej stronie.
 10. Podrozdziały np. **1.1. Analiza teoretyczna** należy pisać małymi literami czcionką 14 pkt, wytłuszczoną.
 11. Podpisy pod rysunkami oraz tabele i ich nazwy piszemy czcionką o 1 pkt. mniejszą niż tekst, t.j. 11 pkt. Najmniejsza litera lub liczba na rysunku musi mieć wielkość minimum 10 pkt.
 12. Nie dzielić tytułów rozdziałów i podrozdziałów! Tytuły wyrównać „do lewej”. Należy zachować odstępy tytułów od tekstu, według wzoru poniżej.
 13. Tytuły rozdziałów, podrozdziałów, podpisy pod rysunkami, tytuły tabel nie mogą kończyć się kropką. W tytułach nie stosować cudzysłówów.
 14. Tekst pisany kursywą stosuje się do zwrotów obcojęzycznych, które bierze się w nawias, lub gdy nie mają polskiego odpowiednika pozostawić bez tłumaczenia w tekście.
 15. Oznaczenia literowe parametrów piszemy kursywą, np.: R_m , moduł E , gęstość ρ .
 16. Numeracje stron pracy zaczyna się od strony tytułowej, numeru stron nie pisze się na stronie tytułowej.
 17. Praca powinna być pisana w formie bezosobowej, np. „w pracy przedstawiono, na rysunku 3 pokazano, w tabeli 8 zaprezentowano ...”

EDYCJA RYSUNKÓW I TABEL

Rysunki i wykresy, wykonane dowolną metodą, powinny stanowić integralną część tekstu. Należy je podpisać i ponumerować. Mniejsze rysunki mogą być dosunięte do marginesu i podpisane obok. Podpisy powinny być wyśrodkowane względem marginesów i nie mogą kończyć się kropką. Należy pamiętać o poprzedzającym odniesieniu w tekście do poniżej znajdujących się rysunków (rys. 1) oraz tabel (tabela 1). Podpisy pod rysunkami oraz tabele i ich nazwy pisać czcionką **11**. Najmniejsza litera lub liczba na rysunku musi mieć wielkość minimum **10**, tak aby najmniejsze napisy i liczby po wydrukowaniu były czytelne.

Przy każdym rysunku oraz tabeli, należy podać źródło informacji przez podanie odnośnika [], pisane według wzoru poniżej.



Rys. 1. Schemat odlanej w całości matrycy z pojemnikiem powietrza [8]: 1 - matryca, 2 - dno, 3 - materiał kształtowany, 4 - pierścień dociskający

Tabele powinny posiadać opis i numerację (tekst w tytule tabeli i w tabeli - **czcionka 11**, pomiędzy tytułem tabeli i tabelą - **Enter 2**), znajdujące się powyżej tabeli, jak na przykładzie poniżej, pokazano również podział tabeli przy konieczności kontynuowania jej na następnej stronie.

Tabela 1. Charakterystyka właściwości konstrukcji [1]

Parametr	Siła [N]	Wytrzymałość [MPa]

Tabela 1 (c.d.). Charakterystyka właściwości konstrukcji [1]

Parametr	Siła [N]	Wytrzymałość [MPa]

EDYCJA WZORÓW MATEMATYCZNYCH

Wszystkie wzory matematyczne pisać z użyciem edytora równań, np. Math Type. Wszystkie symbole matematyczne w tekście i we wzorach pisać *kursywą*. Równania powinny być wyśrodkowane względem marginesów, a ich numeracja wyrównana do prawego marginesu:

↵

$$v_w \cong \frac{q_w}{d_w^2} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

gdzie: q_w - natężenie przepływu wody [m^3/s],
 d_w - średnica dyszy wodnej [m].

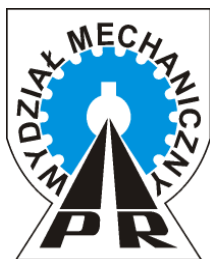
Literatura

Literaturę należy pisać według wzoru pokazanego poniżej. Odwołania w tekście do literatury są **obowiązkowe** i należy je umieszczać w nawiasach kwadratowych [2], w kolejności cytowania.

- [1] Nazwisko I.: Tytuł książki (w przypadku publikacji książkowej). Tom, miejsce wydania, wydawnictwo, rok wydania.
- [2] Nazwisko I.: Tytuł publikacji (w przypadku artykułu). Nazwa czasopisma, nr zeszytu, tom, miejsce wydania, rok, strony (po skrócie s.).
- [3] Nazwa artykułu (zagadnienia, strony w internecie oraz adres strony www.)
<http://technologiaaserowa.republika.pl/ciecie.html>

Kryteria oceny pracy dyplomowej przez promotora i recenzenta

1. Zgodność treści pracy z tytułem.
2. Ocena układu pracy, struktury podziału treści, kolejności rozdziałów, kompletności tez.
3. Merytoryczna ocena pracy.
4. Czy i w jakim zakresie praca stanowi nowe ujęcie problemu.
5. Charakterystyka doboru i wykorzystani źródeł.
6. Ocena formalnej strony pracy / poprawność języka, opanowanie techniki pisania pracy, spis rzeczy, odsyłacze/.
7. Sposób wykorzystania pracy /publikacja, udostępnienie innym instytucjom, materiał źródłowy/.



POLITECHNIKA RADOMSKA

im. Kazimierza Pułaskiego

w Radomiu

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Kierunek: **Mechanika i Budowa Maszyn**

Specjalność: **Komputerowe Wspomaganie Projektowania i Wytwarzania**

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA/MAGISTERSKA

ANALIZA JAKOŚCI POWIERZCHNI PO CIĘCIU LASEROWYM PRZY ZASTOSOWANIU RÓŻNYCH PARAMETRÓW OBRÓBKI

Wykonał:

Sylwester Sowa
nr albumu 32193

Promotor:

dr inż. Jan Iksiński

Radom 2010

SPIS TREŚCI

	str.
1. WSTĘP, CEL PRACY	7
2. TENDENCJE I KIERUNKI ROZWOJU METOD KSZTAŁTOWANIA MATERIAŁÓW	9
3. NIEKONWENCJONALNE METODY PRZECINANIA MATERIAŁÓW	20
3.1. Obróbka strumieniem wodno-ściernym (AWJ)	21
3.1.1. Kinetyka tnącego działania strumienia wodno-ściernego	23
3.1.2. Metody wytwarzania strumienia wodno-ściernego	24
3.1.3. Wpływ parametrów strumienia wodno-ściernego na działanie zespołu obróbkowego urządzenia	29
3.1.4. Cykliczny przebieg procesu obróbkowego z zastosowaniem strumienia wodno-ściernego	35
3.1.5. Zastosowanie obróbki strumieniem wodno-ściernym.....	39
3.2. Przycinanie struną zbrojoną ścierniwem	40
3.3. Obróbka laserowa	43
2.3.1. Charakterystyka obróbki laserowej	43
2.3.2. Istota oddziaływania wiązki laserowej na materiał	45
4. ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA OBSUGUJĄCYCH	48
3.1. Parametry procesu	55
3.2. Sposoby zabezpieczenia	57
5. WYBRANE URZĄDZENIA DO OBRÓBKİ LASEROWEJ METALI	58
4.1. Prowadzenie wiązki laserowej	62
4.2. Głowica prowadząca	66
4.2.1. Parametry techniczne	66
4.2.2. Laser TLF	71
4.2.3. Zastosowanie	79
6. BADANIA JAKOŚCI KSZTAŁTOWANIA WYBRANEJ GRUPY MATERIAŁÓW	58
4.1. Materiał do badań	62
4.2. Metodyka badań	66
4.3. Wyniki badań i ich analiza	
7. PODSUMOWANIE (WNIOSKI)	86
8. Literatura	88
<i>Spis rysunków</i>	
<i>Spis tabel</i>	

2. NIEKONWENCJONALNE METODY PRZECINANIA MATERIAŁÓW

Większość materiałów zanim zostanie przekazana do dalszej obróbki podlega przygotowaniu, którym często jest przecinanie. Materiały przecina się na różnego typu urządzeniach. W praktyce warsztatowej najczęściej stosuje się przecinanie na: tokarce-przecinarce, przecinarce ramowej, przecinarce tarczowej, przecinarce taśmowej, przecinarce ściernicowej, oraz przecinanie tlenowe, plazmowe, bezodpadowe (na nożycach lub udarowe).

Oprócz wymienionych powszechnie stosowanych sposobów przecinania, istnieje wiele innych metod uważanych za niekonwencjonalne. Ma to miejsce szczególnie w przemyśle zbrojeniowym, lotniczym, elektronicznym, przy wytwarzaniu tłoczników, matryc, kokil, czyli tam, gdzie stosowane są specjalne trudno obrabialne materiały, wyroby z ceramiki specjalnej i kompozyty. Dotyczy to również elementów o niewielkich wymiarach ($d < 0,5$ mm), małej chropowatości ($R_a < 0,1 \mu\text{m}$), oraz wyrobów o wysokich właściwościach warstwy wierzchniej [14, 15, 26].

Głównym celem stawianym nowym technologiom cięcia jest:

- najmniejsze zużycie energii;
- możliwie najwęższa szczelina cięcia;
- jak najmniejszy wpływ cieplny na cięty przedmiot;
- jak najwyższa jakość krawędzi po cięciu.

Tak więc prawidłowy proces cięcia według tych kryteriów to proces umożliwiający rozdzielenie wiązań atomowych w płaszczyźnie cięcia wzdłuż określonej linii cięcia, bez jakiegokolwiek wpływu na stan fizyczny materiału. Będzie to jednak możliwe dopiero po wprowadzeniu do praktycznego użycia nanotechnologii. Do ważniejszych niekonwencjonalnych metod przecinania materiałów należy zaliczyć:

- 1) obróbkę strumieniem wodno-ściernym (AWJ);
- 2) przecinanie struną zbrojoną ścierniwem;
- 3) obróbkę laserową;
- 4) przecinanie anodowo – mechaniczne;
- 5) obróbkę (wycinanie) elektroerozyjną;
- 6) inne metody.

Wymienione metody (bez poz. 2 i 4) zalicza się do niekonwencjonalnych metod kształtowania obróbką erozyjną, do której należą: obróbka elektroerozyjna, elektrochemiczna, strumieniowa (a w tej: laserowa, elektronowa, jonowa, plazmowa, oraz wysokociśnieniowa strumieniem wody i wodno-ścierna).

2.1. Obróbka strumieniem wodno-ściernym (AWJ)

Strumień wodny jako narzędzie zastosowano po raz pierwszy w 1940 roku w górnictwie kruszczowym. Zalety strumienia wodnego powodują rozwój technologii i wzrost zastosowania w praktyce przemysłowej. Od 1989 roku strumień wodny o ultrawysokim ciśnieniu stosuje się m. in. do usuwania lakieru ze statków w suchym doku, do czyszczenia części zespołu napędowego.

Obróbka strumieniem wodnym lub wodno - ściernym AWJ (*Abrasive Water - Jet Machining*) począwszy od 1983 roku zyskała zdecydowanie na znaczeniu, szczególnie w USA. Tam też został zainicjowany w latach 1990 - 1991 projekt badawczy związany z rozwojem nowej generacji technologii obróbkowych z wykorzystaniem jako narzędzia strumienia wodno-ściernego. Rozwój ten jest ściśle związany z wprowadzaniem nowych, częściowo trudno obrabialnych materiałów (np. materiały ceramiczne, tworzywa warstwowe, tworzywa wzmacniane włóknami itp.), jak też z nowymi wymaganiami w odniesieniu do geometrii przedmiotów (np. kształty kompleksowe, cienkie mostki itp.).

Zalety obróbki strumieniem wodno - ściernym (AWJ) można zestawić następująco: możliwość kształtowania zarówno bardzo miękkich (gumy, włókniste materiały kompozytowe, tworzywa piankowe, masa celulozowa itp.), jak i bardzo twardych materiałów (stal, metale i stopy nieżelazne, stopy).

Jeżeli woda pod stałym ciśnieniem p przepływa z natężeniem q_w przez dyszę o średnicy d_w , wówczas prędkość wypływu wody v_w na wylocie dyszy można w przybliżeniu obliczyć z zależności:

$$v_w \cong \frac{q_w}{d_w^2} \quad [\text{m/s}] \quad (2)$$

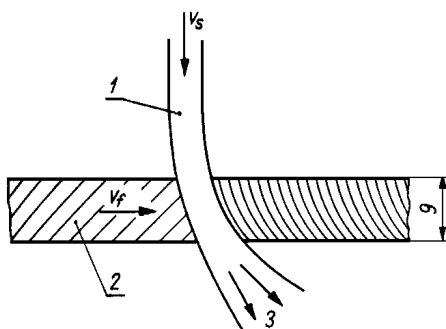
gdzie: q_w - natężenie przepływu wody [m^3/s],
 d_w - średnica dyszy wodnej [m].

Zdolność wytworzonego strumienia wodnego do realizacji obróbki ubytkowej materiału zależy od jego energii kinetycznej E_{kin} , która przy danej prędkości v_w wynosi:

$$E_{kin} = \frac{mv_w^2}{2} \quad [\text{J}] \quad (3)$$

gdzie: m - masa odpowiadająca objętościowemu wydatkowi wody [kg].

Odkształcenie strumienia wody przedstawiono na rysunku 2. Należy pamiętać o zależności wysokości grani do krawędzi tnącej i od grubości materiału (tabela 2).



Rys. 2. Odkształcenie strumienia wody przy styku z powierzchnią obrabianą [14]:
 1 - strumień wody, 2 - przedmiot przecinany, 3 - ściek wody, v_s - prędkość strumienia, v_f - prędkość posuwu, g - grubość materiału

Tabela 2. Zależność wysokości grani do krawędzi tnącej i od grubości materiału [29]

Grubość materiału [mm]	Wysokość grani h [mm]	Odległość b wierzchołka grani do krawędzi tnącej [mm]
2	0,6	1,0
4	1,0	1,5
6	1,2	2,0
8	1,8	2,8
10	2,4	3,2

Literatura

- [1] Albiński K.: Poradnik inżyniera mechanika. Technologia obróbki erozyjnej. WNT, Warszawa 1988.
- [2] Albiński K. i inni: Techniki wytwarzania. Laboratorium obróbki erozyjnej. PWN, Warszawa 1980.
- [3] Albiński K., Tomczak J.: Ciecze dielektryczne do drążenia elektroerozyjnego. Mechanik, nr 1, 1989.
- [4] Białas K.: Optymalizacja parametrów dokładnego wykrawania krążków przy zastosowaniu dociskaczy o zarysie kołowym. Mechanik, nr 2 - 3, 1989.
- [5] Biało D., Kudła L., Perończyk J.: Problemy wiercenia i drążenia elektroerozyjnego mikrootworów w kompozytach Al/Al₂O₃. Mechanik, nr 10, 2001.
- [6] Burakowski T.: Lasery technologiczne. Przegląd Mechaniczny, nr 7/8, 1989.
- [7] Ciałkowska B., Presz R.: Przycinanie kształtowe materiałów kompozytowych strunami z nasypem diamentowym. Mechanik, nr 5- 6, 1991.
- [8] Czarnecki R.: Przyrządy do obróbki plastycznej. Tłoczniki. Wyd. PCz, Częstochowa 1987.
- [9] Czarnecki R.: Technologia obróbki bezwiórowej. Tłocznictwo. Wyd. PCz, Częstochowa 1991.
- [10] Die Schneid-Experten. Wasserstrahl ttechnologie wächst am schnellsten. Bänder Bleche Rohre Jg. 41, nr 3, 2000.
- [11] Domański R.: Promieniowanie laserowe-oddziaływanie na ciała stałe. WNT, Warszawa 1990.
- [12] PN-EN ISO 1463: Metody oceny jakości.
- [13] LVP - Laserowe centrum obróbkowe.
http://www.laservorm.com/budowa_obrabiarek_laserowych/index_pl.html
- [14] Wady cięcia laserowego. <http://technologialaserowa.republika.pl/ciecie.html>