

Szczecin, 16.11.2020 r.

Prof. dr hab. inż. Bogdan Piekarski
Katedra Technologii Materiałowych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
70-310 Szczecin, Al. Piastów 19

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Grzegorza Rzepki
pt.: *Kształtowanie mikrostruktury połączenia dwuwarstwowego*
obudowy turbosprężarki ze stopów żelaza
w warunkach oddziaływania naprężeń cieplno-mechanicznych

opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa
Politechniki Rzeszowskiej im. I. Łukasiewicza w Rzeszowie – pismo nr RM-530-11-
03/2019/20 z dnia 28 września 2020 roku

Ogólna charakterystyka rozprawy

Elementy maszyn i urządzeń złożone z dwóch lub więcej materiałów trwale połączonych ze sobą są rozpowszechnione w technice. Gdy przynajmniej jeden z materiałów jest odlewany w trakcie procesu wytwarzania elementów (zazwyczaj tworząc ich korpus), takie wyroby są klasyfikowane jako odlewy. W literaturze technicznej, w zależności od konstrukcji, nazywa się je odlewami zbrojonymi i/lub warstwowymi (wielowarstwowymi, w tym dwuwarstwowymi i dwumetalowymi, bimetalowymi).

Połączenie w odlewie materiałów o różnych właściwościach, np. wkładki zalanej ciekłym metalem czy odlewanie po sobie różnych ciekłych metali ma duże znaczenie w podwyższaniu jego trwałości lub/i rozszerzaniu warunków eksploatacji. Warunkiem gwarantującym odpowiednią jakość odlewu zbrojonego/warstwowego jest uzyskanie między materiałami złącza dyfuzyjnego, adhezyjnego lub mechanicznego w trakcie jego wytwarzania. Przy czym złącze typu dyfuzyjnego jest najkorzystniejsze ze względów wytrzymałościowych i zdolności do odprowadzania ciepła. Potwierdzają to zarówno testy laboratoryjne, jak i doświadczenia wyniesione z eksploatacji.

Tę grupę odlewów projektuje się zarówno wtedy gdy:

1. Ich właściwości z założenia mają stanowić kombinację właściwości różnych materiałów, np.: odlewy ze stopów aluminium z wkładką stalową, odlewy z materiałów odpornych na ścieranie z wkładką stalową, czy wylewane panewki łożyskowe.
2. Poszukuje się możliwości podwyższenia właściwości użytkowych odlewu już eksploatowanego wykonanego z jednego materiału.

Rozprawa doktorska mgra inż. Grzegorza Rzepki jest przykładem drugiej grupy prac projektowych. Autor analizuje w niej możliwości podwyższenia trwałości odlewanej obudowy łożyska turbosprężarki przez zastąpienie odlewu wykonywanego z żeliwa szarego z grafitem płatkowym odlewem dwuwarstwowym, odlewem z żeliwa szarego z grafitem płatkowym

z wkładką z żaroodpornego żeliwa sferoidalnego, żaroodpornego żeliwa wermikularnego lub staliwa żarowytrzymałego. Albo – opisując zawartość rozprawy bardziej szczegółowo – przedstawia wyniki badań nakierowanych na zwiększenie odporności na pękanie kołnierza obudowy łożyska turbosprężarki w warunkach wzrostu naprężeń cieplno-mechanicznych i wzrostu temperatury pracy przez zastąpienie żeliwnej obudowy łożyska odlewem dwuwarstwowym/dwumetalowym. W jego skład miałby wchodzić kołnierz obudowy odwzorowany przez wkładkę (z wybranych stopów żelaza), zalany następnie żeliwem. Odpowiedniej jakości złącze dyfuzyjne tworzyć się powinno między wkładką a ciekłym metalem w trakcie wypełniania wnęki formy odlewniczej, jego stygnięcia, krystalizacji aż wreszcie stygnięcia odlewu w stanie stałym.

Rozprawa została napisana na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej we współpracy z firmą BorgWarner Poland Sp. z o.o. (zakład w Jasionce), polskim oddziałem amerykańskiego koncernu BorgWarner Inc. Koncern jest producentem części do silników samochodowych takich marek jak: Ford, Fiat, Jaguar, BMW czy MAN. Doktorant jest jej pracownikiem.

Rozprawę zaliczam do grupy doktoratów technologiczno-naukowych. Podstawowym jej celem jest praktyczna, a zarazem innowacyjna modernizacja elementu turbosprężarki silnika spalinowego, w którym dochodzi do inicjacji i rozwoju pęknięć w trakcie długotrwałej eksploatacji. Rozprawa łączy wymóg oryginalnego rozwiązania problemu materiałowo-konstrukcyjno-technologicznego z wymogiem zachowania naukowego charakteru pracy.

Rozprawa ma tradycyjną strukturę z podziałem na część teoretyczną (studium literatury) oraz badania własne. Jej treść podzielono na 5 rozdziałów. Liczy 120 stron, w tym 135 rysunków i 24 tabele. W pierwszej części (rozdziały 1–3) zawiera przegląd literatury i jego podsumowanie. W drugiej części (rozdziały 4–5) znajdują się: badania własne, w tym cel i teza rozprawy oraz analiza wyników badań i ich podsumowanie. Całość zamyka spis literatury – 61 pozycji bibliograficznych, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz pisemna zgoda na opublikowanie rozprawy podpisana przez upoważnionego pracownika BorgWarner Poland.

Temat rozprawy, jej cel i zrealizowany program badawczy wysuwają na pierwszy plan aspekt pragmatyczny, chociaż nie mniej ważny jest również aspekt poznawczy.

W rozdziale 1 (WPROWADZENIE, s. 3) krótko scharakteryzowano:

- wymagania ekologiczne związane z eksploatacją silników samochodowych;
- cel stosowania turbosprężarki, urządzenia wspomagającego pracę silnika spalinowego. Wskazano także przyczyny jej obecnej niezadawalającej trwałości oraz sformułowano cel badań wynikający z tego faktu.

Rozdział 2 (STUDIUM LITERATURY, s. 5) zawarto na 27 stronach. Przedstawiono w nim:

- obszerniejszą informację o konstrukcji turbosprężarki oraz obudowy jej łożyska, m.in. o materiale, z którego wykonuje się obudowę, jego właściwościach, uszkodzeniach tworzących się w obudowie w trakcie eksploatacji oraz o podejmowanych do tej pory próbach zapobiegania ich powstawaniu – modyfikacjach konstrukcji obudowy;

– wybrane procesy wytwarzania konstrukcji czy podzespołów z materiałów cechujących się różnymi właściwościami. Trwałe ich połączenie uzyskiwano stosując procesy przeróbki plastycznej, spawania, lutowania czy odlewania.

Część teoretyczną rozprawy kończy rozdział 3 (ANALIZA STANU ZAGADNIENIA – ZAŁOŻENIA, CEL I ZAKRES PRACY, s. 32). W nim komentarze i uwagi wynikające z przeglądu literatury.

Część teoretyczną rozprawy oceniam pozytywnie, choć nie bez uwag, które przedstawię w końcowej części recenzji. Autor uwzględnił większość podstawowych zagadnień z obszaru zajmującej Go tematyki. Analiza stanu zagadnienia była odpowiednią podstawą do sformułowania celu i tezy rozprawy oraz stanowiła punkt odniesienia w planowaniu badań własnych i w analizie ich wyników.

Rozdział 4 (BADANIA WŁASNE; s. 34–110). W wyniku analizy zagadnienia (przeglądu literatury oraz badań wcześniej prowadzonych przez firmę BorgWarner i Doktoranta) przyjęto, że obudowa łożyska będzie odlewem dwuwarstwowym: wkładka (kołnierz) zalany żeliwem szarym z grafitem płatkowym (EN-GJL-250). Materiałem wkładki mogłoby być: żeliwo sferoidalne GJS-XSiMo5-1 lub GJS-XSiMo4-1, żeliwo wermikularne GJV-XAlSiMo3-3-1, także staliwo żarowytrzymałe GX-40NiCrSiNb25-20. Wyniki uzyskane w procesie symulacji numerycznej (1. i 2. etap; s. 36–45), a także analiza właściwości technologicznych i kosztów wytwarzania ograniczyły dalsze badania do dwóch materiałów wkładki: GJS-XSiMo5-1 i GX-40NiCrSiNb25-20. Kolejne realizowane badania podzielono na dwie części: stadium 1. i 2. badań (s. 46–102). W stadium 1. wykonano modelowe połączenia dwuwarstwowe – wkładka GJS-XSiMo5-1 lub GX-40NiCrSiNb25-20 + EN-GJL-250. Wielokryterialne badania otrzymanych połączeń dwuwarstwowych potwierdziły oczekiwane ich właściwości – połączenia dyfuzyjne między materiałami cechowała strefa przejściowa dobrej jakości. Zaistniały jednak przesłanki, by w dalszym procesie otrzymywania połączenia EN-GJL-250 – GJS-XSiMo5-1 zastosować wkładkę z odwęgloną warstwą wierzchnią. Taki sposób jej przygotowania zalecała również literatura przywoływana w rozdziale 2.

Przeprowadzone do tej pory analizy i badania własne pozwoliły Doktorantowi na sformułowanie tezy rozprawy (s. 53):

Dobór składu chemicznego materiałów tworzących połączenie dwuwarstwowe w procesie odlewania i również stopnia odwęglania warstwy wierzchniej żeliwa sferoidalnego GJS-XSiMo5-1 (C – 2,8-3,6% mas.) umożliwi wytworzenie kołnierza obudowy łożyska turbosprężarki ze stopów żelaza: żeliwo szare EN-GJL-250 (stan ciekły) + żeliwo sferoidalne GJS-XSiMo5-1 lub staliwo żaroodporne GX40NiSiNb25-20 (stan stały), zapewniającego pracę turbosprężarki w podwyższonych warunkach eksploatacji – temperatury i prędkości obrotowej.

Następnie w stadium 2. badań wykonano:

- odwęglanie warstwy wierzchniej wkładki GJS-XSiMo5-1 (podrozdz. 4.4.2);
- odlewy dwuwarstwowe EN-GJL-250 – GJS-XSiMo5-1 i GX-40NiCrSiNb25-20 zgodnie z przyjętymi założeniami. Jakość połączeń utworzonych w odlewach oceniono stosując różne kryteria (podrozdz. 4.4.3). Ocenę dopełniły wyniki pomiarów prowadzonych z uży-

ciem odpowiednio przygotowanych próbek (z połączeniem dwuwarstwowym w środkowym ich obszarze – rys. 114 i 121):

- ✓ odporności na zmęczenie cieplne. Cykl cieplny: wygrzewanie 500°C w czasie 60 min. i chłodzenie w wodzie (podrozdz. 4.4.4);
- ✓ wytrzymałości na rozciąganie R_m^{250} (podrozdz. 4.4.5).

Osiągnięcie tej części badań, a jednocześnie podstawowe osiągnięcie praktyczne całej rozprawy stanowiło dowiedzenie, że jest możliwe, by wykonywać odlewy dwuwarstwowe z połączeniem EN-GJL-250 – GX-40NiCrSiNb25-20 o właściwościach umożliwiających prawidłową pracę turbosprężarki w warunkach określonego wcześniej wzrostu naprężeń cieplno-mechanicznych i wzrostu temperatury pracy. Natomiast właściwości połączenia EN-GJL-250 – GJS-XSiMo5-1 nie spełniły wszystkich kryteriów doboru, które przyjął Doktorant w procesie jego oceny – odporność na zmęczenie cieplne i wytrzymałość na rozciąganie były niższe od prognozowanych.

Treść rozdziału 4 oceniam dobrze. Równocześnie na podstawie przedstawionych wyników badań oraz ich analizy mogę stwierdzić, że Doktorant osiągnął cel rozprawy – udowodnił tę część postawionej w niej tezy, która zakładała, że „żeliwo szare EN-GJL-250 (stan ciekły) + staliwo żaroodporne GX40NiSiNb25-20 (stan stały), zapewni pracę [oczekiwaną trwałość – uwaga rec.] turbosprężarki w podwyższonych warunkach eksploatacji – temperatury i prędkości obrotowej”.

Doktorant zrealizował część badawczą rozprawy przez zaplanowanie i przeprowadzenie interesujących badań oraz obszerną ich analizę. Wykorzystał wyniki uzyskane z symulacji numerycznych, badań metalograficznych (mikroskopia świetlna i skaningowa wraz z analizą punktową i liniową rozkładu pierwiastków w wybranych mikroobszarach materiału), rentgenowskiej analizy fazowej, badań nieniszczących (tomografia komputerowa) oraz wyznaczania właściwości mechanicznych (twardości metodami HV i HB, odporności na zmęczenie cieplne – kryterium: średnia liczba cykli do powstania pęknięcia powierzchniowego, wytrzymałości na rozciąganie R_m^{250}). Zostały one właściwie dobrane i z reguły właściwie zinterpretowane.

Część badawczą rozprawy kończy rozdział 5 (ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I PODSUMOWANIE, s. 111). Jego treść należy potraktować jako rozszerzone streszczenie rozprawy, ponieważ Doktorant analizował otrzymywane wyniki badań na bieżąco, w każdym podrozdziale, bezpośrednio po ich przedstawieniu. Całość rozdziału jest względnie umiejętnie zredagowana, potwierdza realizację zaplanowanych badań oraz osiągnięcie większości celów badawczych założonych w rozprawie.

Rozprawę zamyka spis literatury (s. 115), w którym głównie przywołano artykuły z krajowych i zagranicznych czasopism naukowo-technicznych. Większość cytowanej literatury pochodzi z lat późniejszych niż rok 2002. Jakość literatury źródłowej nie budzi większych zastrzeżeń, choć ten zbiór mógłby być bogatszy, do czego jeszcze powrócę.

Lektura rozprawy nie była łatwa ze względu na występujące w niej powtórzenia, zbędne zwroty i słowa. Chwilami wymagała od czytelnika nieuzasadnionej cierpliwości w analizowaniu jej treści. Układ tekstu części badawczej sprawia wrażenie bycia kilkakrotnie zmienianym w trakcie końcowej redakcji. Np.: niespójność między oznaczeniem treści podrozdziału 4.2. Połączenia dwuwarstwowe – stadium 1. badań (s.46), a informacją ogólną przedstawioną

na rysunku 61. Schemat badań własnych (s. 54) [podkreślenie rec.]; rysunek 53 (s. 47) jest błędnie opisany; niektóre akapity są rozdzielone rysunkami/tabelami, także poszczególne zdania są nimi rozdzielone; rysunek 72 (s. 64) i jego opis powinien być zamieszczony w podrozdziale 4.4.2 zamiast w podrozdziale 4.4.3. Jest też powtórzony (rys. 122, s. 103).

Uważam, że Doktorant mógłby włożyć więcej wysiłku w ostateczną redakcję tekstu.

Poniżej przykłady pewnych nieścisłości i – moim zdaniem – innych niedostatków tekstu rozprawy.

1. Tytuł rozprawy nie w pełni odpowiada jej treści. *Kształtowanie mikrostruktury połączenia dwuwarstwowego obudowy turbosprężarki...* akcentuje naukowy charakter części rozprawy, niezbędny dla praktycznego osiągnięcia jej celu. Natomiast głównym celem rozprawy jest ocena możliwości zastosowania odlewu dwuwarstwowego na obudowę łożyska turbosprężarki.
2. W rozdziale 2 zabrakło podrozdziału, w którym Autor w syntetyczny sposób odniósłby się do takich pojęć, jak: odlew zbrojony/warstwowy i połączenie dwuwarstwowe materiałów w ujęciu przedstawianym w rozprawie. Pomocnym wtedy byłby artykuł Pana Profesora Zbigniewa Górnego: *Odlewy zbrojone i wielowarstwowe*. Krzepnięcie metali i stopów, T.11, Ossolineum 1987. Zapoznanie się z tym opracowaniem, ale też z innymi, których nie znajduję w spisie literatury, mogłoby wpłynąć zarówno na formułowanie tematu rozprawy, jak i na jej redakcję.
3. Doktorant, opisując procesy wytwarzania wyrobów warstwowych w podrozdziale 2.2.1, nie skupił się wyłącznie na przykładach, które są istotne z punktu widzenia podjętej przez Niego tematyki badawczej. Przedstawił je szerzej, prawdopodobnie chcąc udokumentować kompleksowość swojej wiedzy. Jednak obowiązkiem recenzenta jest przypomnieć, że dobrze napisane studium literatury przedmiotu powinno przede wszystkim być nakierowane na wskazanie wyników badań innych autorów, które wspomagają osiągnięcie celu badań własnych. M.in. kryteria ekonomiczne produkcji wyznaczają obszar, w jakim są dopuszczalne zmiany materiałowo-konstrukcyjne turbosprężarki (patrz s. 34). Stąd część informacji o wytwarzaniu konstrukcji złożonych przedstawianych w podrozdziale 2.2.1 można było ograniczyć do wskazania wyłącznie źródeł bibliograficznych, podobnie jak został zredagowany początek rozdziału 3.
4. Gdyby rozdział 3 kończył się przedstawieniem tezy rozprawy i bardziej szczegółowym zakresem planowanych zadań badawczych byłoby to korzystniejsze dla przejrzystości rozprawy. Tradycyjny układ treści rozpraw doktorskich redagowany jest w kolejności: analiza danych literaturowych pod kątem ich użyteczności podczas realizacji badań własnych → cel i teza rozprawy oraz wskazanie hipotez badawczych → badania własne → analiza wyników badań → wnioski. Warto wzorować się na tym układzie, przynajmniej w początkowej fazie rozwoju naukowego.
5. W rozdziale 4 zabrakło:
 - krótkiej informacji o zbiorze materiałów możliwych do zastosowania na obudowę łożyska turbosprężarki tzw. „certyfikowanych materiałów” (s. 34). Do badań wybrano tylko odlewnicze stopy żelaza, hasłowo komentując część kryteriów doboru (właściwości technologiczne i koszt wytwarzania – s. 44). Nie wspomniano o stopach przerobio-

nych plastycznie żaroodpornych i żarowytrzymałych, np. o zbliżonym składzie chemicznym. Z nich wykonany kołnierz obudowy byłby tańszy, a ich zastosowanie upraszczałoby – jak dla przypadku żaroodpornego sferoidalnego żeliwa ferrytycznego niskostopowego – technologię wykonywania odlewu dwuwarstwowego. Również staliwo G-X25CrNiSi18-9 w miejsce staliwa GX-40NiCrSiNb25-20 (uwaga: tak oznaczonego stopu nie ma w normie PN-EN 10295:2002) byłoby tańszym materiałem, prawdopodobnie także o odpowiednich właściwościach eksploatacyjnych. Może te uwagi nie są właściwe w odniesieniu do obiektu badań, ale z pewnością gdyby Doktorant szerzej opisał ograniczenia materiałowe, nie byłoby miejsca na moje wątpliwości;

– wskazania norm, np. gdy podawane są gatunki badanych materiałów – patrz tab. 1, s. 46. Również wskazania źródła danych o właściwościach stopów żelaza przyjmowanych do procesów symulacji numerycznej – patrz tabela 1, s. 35 czy s. 36;

– informacji o wytapianiu żeliwa i staliwa. Czytelnik nie może ocenić poprawności/jakości tych procesów bez informacji m.in. o: użytych materiałach wsadowych, piecu odlewniczym, metodzie kontroli temperatury ciekłego metalu, zabiegach odtleniania, sferoidyzacji i modyfikacji. Natomiast, gdy np. odlewy prętów, z których wycinano wkładki pozyskano z zewnątrz, wymaga to chociaż stwierdzenia, że posiadały one atesty materiałowe. Ogólnie zagadnienia wytwarzania odlewów zostały potraktowane zbyt skrótowo;

– dokładniejszego opisu procesu wykonywania modelowego połączenia (podrozdz. 4.3.2. Metodyka badań, s. 46) [podkreślenie rec.]. Obecne jest zbyt ogólne. Dlaczego przyjęto, że masa stałego materiału podłoża ma być dwukrotnie większa od masy żeliwa szarego w stanie ciekłym. Inne założenie przyjęto w dalszej części badań. Wyjaśnienie „... dla zapewnienia określonej prędkości krystalizacji ...” (s. 46) nie może być zadawalające. Brakuje także informacji, jak kontrolowano temperaturę procesu w trakcie tworzenia połączenia. Ogólniej, czy i jak ją kontrolowano? Równie korzystniej dla wyobrażenia sobie procesu wykonania tego połączenia byłoby zwymiarowanie próbki (rys. 51). W tej części badań „zwracają uwagę” także wyniki pomiarów przedstawione na rysunku 58 (s. 50) – twardości ok. 600 HB dla żeliwa szarego w strefie oznaczonej (1). „Wytworzona mikrostruktura połączenia po przetopieniu i chłodzeniu charakteryzuje się trzykrotnie większą twardością w porównaniu do żeliwa w stanie lanym” (s. 52). Czy Autora niepokoją wyłącznie fakty, że: „Jest więc niekorzystną ze względu na pogorszenie skrawalności materiału połączenia dwuwarstwowego” (s. 52) oraz „...prowadzi do zmniejszenia odporność na pękanie.” (s.104).

6. Czy oznaczenie żeliwa sferoidalnego ferrytycznego zawierającego 0,6% Mn, 4,3% Si i 0,1% P (patrz tab. 2, s. 46) symbolem GJS-XSiMo5-1 jest poprawne? Czy nie byłoby właściwiej, pomijając wcześniejsze pytanie, gdyby oznaczenie tego stopu było zgodne z normą PN-EN 16124:2012. *Żeliwo sferoidalne ferrytyczne niskostopowe do zastosowań w podwyższonej temperaturze?*
7. Terminologia techniczna z zakresu inżynierii materiałowej nie zawsze jest poprawna lub zrozumiała, np.:

- „temperatura austenitizacji” (s. 13) – patrz PN-93/H-01200 *Obróbka cieplna metali i stopów. Terminologia*;
 - „cienka warstwa krystalicznego staliwa” (s. 18);
 - „wkładka stali w stanie stałym ” (s. 20);
 - „Zapewni ona równomierny rozkład wartości materiału w stanie stałym...” (s. 24);
 - „Uzyskano połączenie dyfuzyjne pierwiastków – głównie węgla, pomiędzy łączonymi materiałami...”(s. 27);
 - „modele formierskie” oraz „przepust termopary wsadowej” (s. 64);
 - „temperatura początku topnienia” (s. 65). Likwidus?, patrz rys. 74 – moja uwaga.
8. W rozdziale 5 brakuje mi oczekiwanego wypunktowania wniosków, najlepiej z podziałem na wnioski poznawcze i praktyczne.
9. Brakuje słów kluczowych w streszczeniach w języku polskim i angielskim.

Moje uwagi mają wpływ na całościową ocenę rozprawy, ale nie na tyle istotny bym nie mógł uznać jej za wartościową. Dostrzegam, że Doktorant wykazał się zauważalną dbałością zarówno o jej odpowiedni poziom merytoryczny, jak i naukowy, na przykład w trakcie posługiwania się narzędziami stosowanymi w badaniach naukowych. W mojej opinii rozprawa doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Rzepki jest oryginalnym opracowaniem wnoszącym postęp w problematykę procesów technologicznych wytwarzania odlewów zbrojonych lub/i odlewów dwuwarstwowych.

Ocena rozprawy i wniosek końcowy

Rozprawę doktorską mgr inż. Grzegorza Rzepki oceniam pozytywnie. Zapoznanie się z jej treścią przekonało mnie, że Doktorant posiada odpowiednią wiedzę z zakresu objętego tematyką rozprawy oraz potrafi ją umiejętnie wykorzystać. Jestem przekonany, że jest przygotowany do dalszego samodzielnego wykonywania prac naukowo-badawczych w swojej specjalności.

Stwierdzam więc, że w mojej ocenie recenzowana rozprawa doktorska pt.

Kształtowanie mikrostruktury połączenia dwuwarstwowego obudowy turbosprężarki ze stopów żelaza w warunkach oddziaływania naprężeń cieplno-mechanicznych

spełnia wymagania stawiane tego typu pracom przez Ustawę „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 14 marca 2003 roku) i na tej podstawie wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Rzeszowskiej o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.



