

Technologia regeneracji tulei cylindrowej silnika spalinowego metodą obróbki mechanicznej na wymiar naprawczy

Niniejsza praca dyplomowa traktuje o technologicznym procesie regeneracji tulei cylindrowej silnika spalinowego. Dokonano wyboru tulei cylindrowej pochodzącej z silnika A8C22, którego egzemplarze powszechnie poddawane są remontom bieżącym i głównym w zakładach stoczniowych. Jest to średnioobrotowy, czterosuwowy, turbodoładowany, wysokoprężny silnik spalinowy o widlastym układzie cylindrów. Posiada 8 tulei cylindrowych typu mokrego montowane kołnierzowo na płycie podgłowicowej. Silnik dawniej był produkowany poprzez zakłady mechaniczne im. Hipolita Cegielskiego w Poznaniu.

Na potrzeby realizacji pracy dyplomowej przyjęto, iż jest to silnik przeznaczenia morskiego. Założono również, że silnik służył jako napęd główny portowej jednostki pływającej typu pchacz, klasy BIZON.

Cel pracy dyplomowej stanowi opracowanie procesu technologicznego regeneracji tulei cylindrowej, którego priorytetową własnością założoną przez autora jest praktyczne zastosowanie w warunkach warsztatowych.

Praca dyplomowa składa się z pięciu rozdziałów. Rozdziały 1-3 zawierają wiedzę teoretyczną wyłonioną podczas przeglądu literaturowego. Rozdziały te bogate są w wiedzę z zakresu obróbki skrawaniem, technologiczności konstrukcji części klasy tuleja, najczęściej spotykanych uszkodzeń tulei cylindrowych oraz sposobów regeneracji tulei. Rozdział 4 stanowi główną część pracy dyplomowej i posiada opracowanie procesu technologicznego. Pracę dyplomową wieńczą podsumowanie i wnioski końcowe.

W pierwszym rozdziale przedstawiono elementarną wiedzę z zakresu obróbki skrawaniem. Przywołano definicję obróbki skrawaniem oraz opisano zjawiska fizyczne występujące w trakcie usuwania nadmiaru obróbkowego. Scharakteryzowano występujące siły oraz określono, która z nich w stopniu największym wpływa na jakość otrzymywanej powierzchni po obróbce. Podano stosunki wzajemne głównej siły skrawania F_c do siły posuwowej F_f , a teź do siły odporowej F_p . Sklasyfikowano obróbkę skrawaniem na obróbkę wiórową oraz obróbkę ścierną, opisując przy tym kinematykę obu rodzaju obróbek, wskazując zasadnicze różnice oraz opisując najczęściej występujące rodzaje wióra odpadowego. Dokonano również klasyfikacji obróbki skrawaniem pod kątem kryterium użytego narzędzia i wielkości nadmiaru, a także faz jakościowych. Opisano wymagania konstrukcyjne oraz obróbkowe dla części klasy tuleja i po krótko przedstawiono najważniejsze operacje technologiczne przy regeneracji tulei, jak np.:

- wykończeniowa obróbka ścierna (gładkościowa) otworu tulei,
- wykończeniowe wytaczanie zewnętrznych powierzchni walcowych.

Drugi rozdział poświęcony został powszechnym, najczęściej występującym uszkodzeniom tulei cylindrowych silników 2 oraz 4 suwowych. Do takich zalicza się przede wszystkim:

- utratę żądanego wymiaru geometrycznego otworu tulei,
- katastroficzne pogorszenie stanu gładzi tulei,
- różnego rodzaju wyłamania, wykruszenia oraz pionowe pęknięcia ścianki i kołnierza,
- ubytki kawitacyjne zewnętrznych powierzchni omywanych cieczą chłodzącą,
- oraz brak szczelności osadzenia.

Zajęto się zagadnieniem starzenia materiału, które należy klasyfikować pod kątem zużycia lub też uszkodzenia. Przedstawiono następujące rodzaje zużycia: adhezyjne, kawitacyjne, zmęczeniowe, erozyjne, chemiczne, cieplne.

Trzeci rozdział przedstawia metody regeneracji zużytych tulei. Z racji tematu przewodniego pracy, skupiono się w głównej mierze na zagadnieniu regeneracji na wymiary naprawcze. Opisano, że tuleje można poddać regeneracji na wymiary znormalizowane, określone ściśle przez producenta tulei lub też silnika, a także wymiary nieznormalizowane, które to występują w specyficznych przypadkach nietypowego pasowania tłoka kompletnego z tuleją. Na przykład po rzemieślniczym dorobieniu korony tłoka czy też pierścienia ogniowego. Przedstawiono klasyczną, powszechnie znaną metodę regeneracji tulei cylindrowej na znormalizowany wymiar naprawczy, która przybiera zazwyczaj formę następujących operacji w zależności od stopnia zużycia:

- wstępne bądź końcowe wytaczanie,
- szlifowanie,
- honowanie wykończeniowe,
- superfinish.

Alternatywnie dla metody konwencjonalnej, w rozdziale przedstawiono informacje na temat regeneracji gładzi tulei metodą laserową. W sposób uproszczony opisano technologię tej metody, omówiono genezę powstania metody i zasadnicze założenia. Wyjaśniono, jakie korzyści oferuje ta metoda w odróżnieniu od metody klasycznej. Przedstawiono operacje technologiczne.

W rozdziale w skrócony sposób opisano także regenerację tulei na wymiary konstrukcyjne, w których główną technologią osiągnięcia na powrót wymiarów konstrukcyjnych jest natapianie, metalizacja natryskowa kompozycją sproszkowanych metali, opracowaną przez firmę Eutectic Castolin, czy też nanoszenie zanurzeniowych powłok galwanicznych i chropowatych. Scharakteryzowano po krótku również metody galwanizacji.

Rozdział czwarty jest częścią projektową i stanowi główną część pracy dyplomowej. W rozdziale szczegółowo opisano przedmiot pracy oraz poddano analizie konstrukcję tulei cylindrowej. Jednocześnie skupiono się po krótku na przedstawieniu parametrów technicznych silnika, z której zaczerpnięto przedmiot pracy. Podstawowe informacje i parametry dotyczące silnika ukazano w formie karty.

Czynnością podstawową, która stanowiła o realizacji całej pracy było przeprowadzenie pomiarów geometrycznych wybranej tulei cylindrowej dzięki uprzejmości zakładu remontu silników spalinowych Nautex Sp. z o.o. na terenie stoczni remontowej Nauta S.A. Pomiar średnicy otworu centralnego tulei, średnic zewnętrznych powierzchni walcowych oraz kołnierza i osadzeń pierścieni uszczelniających wykonano przy użyciu mikrometrów zewnętrznych. Pozostałe wymiary, takie jak wysokość tulei, wysokość kołnierza i głębokości rowków zmierzono przy pomocy analogowej dwustronnej suwmiarki warsztatowej z wysuwką. Na podstawie wymiarów rzeczywistych utworzono rysunek wykonawczy tulei w formie pół widoku- pół przekroju w programie Autodesk AutoCad 2022.

Główną część projektu stanowi opracowanie klasycznej dokumentacji technologicznej, wraz z rozplanowaniem niezbędnych operacji i zabiegów technologicznych w celu regeneracji tulei w stoczniowych warunkach warsztatowych. Klasyczna dokumentacja technologiczna zawiera wyliczenia matematyczne takich parametrów technologicznych jak np. kąt przecinania się ϕ eliptycznych śladów szlifowania krzyżowego czy też minimalną moc tokarki konwencjonalnej do dokładnego wytoczenia otworu tulei. Dokumentację technologiczną skompletowano w postaci następujących dokumentów: karta tytułowa, spis dokumentacji, karta technologiczna, 8 kart instrukcyjnych poszczególnych operacji, spis oprzyrządowania.

Dokumentacja technologiczna została wsparta dokumentacją techniczną w formie kart pomiarowych oraz protokołem badania NDT z grupy VT, przeprowadzonego na najbardziej narażonych obszarach tulei. Przedstawiono rozważania na temat wybranych obrabiarek. Szczególną uwagą skierowano na dobór prawidłowych parametrów technologicznych dla obróbki ściernej gładkościowej. Dużą część uwagi poświęcono na jak najkorzystniejszym doborze czynników chłodniczych do operacji wytaczania oraz gładzenia.

Ze względu na założenia projektowe autora oraz cechy obrabianego detalu, projekt procesu regeneracji wsparto poprzez opracowanie narzędzi i przyrządów dodatkowych, im: podparcia pryzmatycznego dla tulei oraz docieraka z miękkiego żeliwa. Modele przestrzenne 3D oraz płaską dokumentację 2D wykonano przy użyciu programu do komputerowego wspomaganie projektowania Autodesk Inventor 2022.

Podsumowanie

Zakres pracy obejmował przyjrzenie się i opisanie takich zagadnień jak: wymagania technologiczne stawiane tulejom cylindrowym w obróbce skrawaniem, wymagania konstrukcyjne dla części klasy tuleja, typowe uszkodzenia występujące w eksploatowanych tulejach silników spalinowych, metody regeneracji tulei cylindrowych, tworzenie dokumentacji technologicznej procesu regeneracji wskazanej tulei cylindrowej, tworzenie dokumentacji konstrukcyjnej tulei cylindrowej, projektowanie pomocy specjalnych wykorzystanych w projekcie procesu technologicznego.

Metody robocze, jakie obrano do utworzenia pracy dyplomowej stanowiły dobór środków technicznych i parametrów obróbkowych zaczerpniętych w pozycjach literaturowych i artykułach naukowych oraz obliczenia matematyczne w celu wyznaczenia i sprawdzenia poprawności parametrów technologicznych.

Rzeczony proces udało się opracować w formie rozbudowanej dokumentacji technologicznej wspartej szczegółowym opisem i obliczeniami matematycznymi. Proces technologiczny został także dopełniony przedstawieniem dokumentacji konstrukcyjnej, dokumentacji remontowej oraz rysunkami technicznymi.

Niniejsza praca dyplomowa posiada charakter empiryczny, ponieważ w przeważającej części zawiera wiedzę wykorzystywaną w warunkach remontowych oraz skupia się na praktycznym zastosowaniu przedstawionych informacji i, co najważniejsze, zaproponowanych rozwiązań. Założeniem autora był praktyczny, warsztatowy sens pracy.