

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

440

A

Główny wykonawca mgr inż. Andrzej Jakubowski

Wykonawcy mgr inż. Marian Fabrycy
Zbigniew Darda

Konsultant

Nr zlecenia 9462

Opracowanie hamulca elektromagnetycznego do robota licencyjnego.

Etap 4 - Wykonanie 4 prototypów i ich badania laboratoryjne

Zleceniodawca Praca własna

marzec 1985

Pracę rozpoczęta dnia

1985.11.18

zakończono dnia

Kierownik Pracowni

Kierownik Ośrodka

mgr inż. M. Fabrycy

DYREKTOR

dr inż. J. Winiecki

mgr inż. St. Dwojak

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 13

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 ORC

fotografii

Egz. 3 ZD

tabel 3

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 5490

1

Analiza deskryptorowa

ROBOT HAMULEC, BADANIA

Analiza dokumentacyjna Omówiono wykonanie prototypów i podano wyniki badań laboratoryjnych prototypów.

Tytuły poprzednich sprawozdań Opracowanie i wykonanie modelu oraz jego badanie laboratoryjne. Sprawozdanie nr rej.5294
Przeprowadzenie dodatkowych badań na wykonanych modelach z nowymi powierzchniami ciernymi nałożonymi metodami ~~niekonwencjonalnymi~~ niekonwencjonalnymi. Sprawozdanie nr rej.5362.

62-59 Hamulec

338.45:62/63].002.1/2 Roboty precyzyjne

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

S p i s t r e ś c i

| | str. |
|--|------|
| 1. SPRAWY FORMALNE | 3 |
| 1.1. Przedmiot pracy | 3 |
| 1.2. Podstawa wykonania pracy | 3 |
| 1.3. Zakres pracy | 3 |
| | |
| 2. WYKONANIE | 3 |
| | |
| 3. BADANIA LABORATORYJNE | 4 |
| 3.1. Zakres i program badań laboratoryjnych | 4 |
| 3.2. Sprawdzenie otwierania hamulca i momentu hamowania | 5 |
| 3.3. Pomiar siły ugięcia sprężyny | 6 |
| 3.4. Sprawdzenie zdolności odprowadzenia ciepła przez uzwojenie | 6 |
| 3.5. Ocena wyników badań | 6 |
| | |
| 4. WNIOSKI | 9 |

1. SPRAWY FORMALNE.

1.1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy w etapie 4 jest wykonanie czterech prototypów hamulca elektromagnetycznego ramienia robota IRb60 oraz sprawdzenie ich podstawowych właściwości.

Wyniki badań dadzą ostateczne stwierdzenie możliwości wykonania tego typu hamulca z krajowych materiałów.

1.2. Podstawa wykonania pracy.

Praca jest realizowana w ramach prac własnych na zlecenie nr 9462. Jej celem jest eliminacja importu hamulców z II strefy płatniczej.

1.3. Zakres pracy.

Praca obejmuje wykonanie czterech prototypów oraz przeprowadzenie badań laboratoryjnych przy wykorzystaniu doświadczeń zebranych we wcześniejszych etapach 1 i 1a oraz na podstawie dokumentacji opracowanej w etapie 3.

2. WYKONANIE.

Hamulec elektromagnetyczny/rys.1/zgodnie z dokumentacją zbudowany jest z zespołu obrotowego i stojana/rys.2/. Detale na obwód magnetyczny wykonano ze stali ~~xxx~~ armco. Trudności z uzyskaniem stali armco o odpowiedniej średnicy pokonano przekuwając pręty o mniejszej średnicy. Z uwagi na brak odpowiedniej ilości stali armco nabiegownik dolny w prototypie nr4 wykonano ze stali St3. Następnie detale sprawdzono na zgodność z dokumentacją. Wybrano barwienie na kolor czarny w kąpeli alkalicznej jako sposób zabezpieczenia przed korozją z uwagi na to, że chromowanie galwaniczne zastosowane w modelu zmieniało wymiary w łańcuchu wymiarowym w zbyt dużym zakresie, a chromowanie dyfuzyjne wprowadza zmiany kształtu, ze względu na wysoką temperaturę,

w której zachodzi proces. Barwienie na czarno nie wprowadza powyższych błędów. Następnie zespół stojana i zwory zmontowano, przy czym magnes połączono z nabiegownikami wkretami, zapewniając pewność przylegania powierzchni magnesu i nabiegowników. Magnes wykonano z farrytu baru jak przy modelach, przy czym wysokość jego przyjęto 10 mm, czyli o 2 mm wyżej niż w modelach. Zmiana ta wynikała z wniosków po badaniach modeli. Wykonanie magnesów oraz obróbkę zgrubną zlecono w "Polfeże" w Skierniewicach, a obróbkę dokładną w C.L.O. w Warszawie. Cewkę wykonano z drutu DNE ϕ 0,35 i w trakcie nawijania zalano epidianem zmieszany z proszkiem aluminiowym, ~~aby wyeliminować~~ ~~kurczenie~~. Drut ϕ 0,35 dobrano w wyniku optymalizacji dla istniejących wymiarów hamulca, biorąc pod uwagę wartość amperozwojów oraz temperaturę grzania cewki. Następnie cewkę z przewodami wyprowadzeniowymi zmontowano ze stojanem hamulca i ponownie zalano epidianem z proszkiem aluminiowym. Na zespołach stojana i zwory naniesiono na powierzchniach trących węglík chromu H10 metodą elektroiskrową, używając w tym celu aparatu Carbidol i tokarki. Proces wykonano przy następujących parametrach: - 28 $\frac{\text{obr}}{\text{min}}$ posuw -0,2 mm/obrót, maksymalna energia wyładowania, minimalna częstotliwość drgań elektrody.

3. BADANIA LABORATORYJNE.

3.1. Zakres i program badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne przeprowadzono pod kątem zgodności podstawowych parametrów prototypów hamulca z hamulcami firmy Binder Magneta. Do ustalenia zakresu badań korzystano z projektu normy zakładowej nr ZN-85/MERA-018/253 ograniczając badanie do zakresu badań laboratoryjnych istotnych konstrukcyjnie.

Zakres badań jest następujący:

- sprawdzenie otwierania hamulca i momentu hamowania,
- sprawdzenie zdolności odprowadzenia ciepła przez uzwojenie,

- sprawdzenie ugięcia zwory zespołu obrotowego.

3.2. Sprawdzenie otwierania hamulca i momentu hamowania.

Stanowisko do sprawdzania hamulców zarówno momentu jak i otwierania zbudowano tak, aby zamontowanie hamulca było podobne do zamontowania na robocie, przy jednoczesnej prostocie wykonania /rys.3/.

Stanowisko to przedstawia się następująco: na stole wiertarki zamontowano specjalną płytę aluminiową. Do płyty tej przytwierdzono śrubami hamulec. W osi hamulca umieszczono trzpień tokarski podtrzymywany kłami, z których jeden jest umocowany we wrzecionie wiertarki, a drugi na płycie aluminiowej.

Statyczny moment hamowania pomierzono przykładając siłę do ramienia o długości 2 mm. Siłę odczytano na dynametrze a ramię umocowane było do trzpienia specjalnym uchwytem, przez co wyeliminowano błąd od ciężaru samego ramienia.

Natomiast sprawdzenie otwierania hamulca polegało na tym, że korpus zespołu obrotowego był unieruchomiony wkrętem dociskowym względem trzpienia tak, aby zwora ze stojanem hamulca tworzyła szczelinę 0,3 mm. Następnie włączono i wyłączyto prąd przepływający przez cewkę. Hamulec uważano za otwarty w chwili, gdy zwora była przyciągana przez sprężynę przy włączonym prądzie, lub jeśli to nie zachodziło z powodu histerezy sprężyny, gdy występował zerowy moment hamowania.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicy I. Zawiera ona pomierzone parametry przed rozmagnesowaniem /kolumny 2, 3, 4/ oraz po rozmagnesowaniu ^{częściowym} hamulców /kolumny 5, 6, 7/. Rozmagnesowanie częściowe przeprowadzono po to, by hamulce były otwierane przy zmniejszonym poborze prądu spowodowanym nagraniem się uzwojenia w czasie długotrwałej pracy.

Hamulec nr 1 po częściowym rozmagnesowaniu posiada moment 1,04KGm

Dalsze rozmagnesowania istniejącą w Instytucie magnesnicą było nie-
możliwe. Z tego względu nie jest spełniony warunek otwierania
hamulca w temperaturze 50°C .

Moment wynikający z niepełnego zrównoważenia strumieni magne-
tycznych od cewki i magnesu w temperaturze 50°C wynosi $0,16 \text{ kGm}$.

3.3. Pomiar siły ugięcia sprężyny.

Pomiar wykonano obciążając zworę siłą 6 kG .

Wszystkie sprężyny płaskie zespołu zwory ugięły się prawidłowo
o wartość $0,3 \text{ mm}$.

3.4. Sprawdzenie zdolności odprowadzenia ciepła przez uzwojenie.

Dla przeprowadzenia badań położono na płycie stalowej o gabary-
tach $\phi 200 \times 10$ hamulec ze szczeliną powietrzną $0,3 \text{ mm}$ między
zworą a stojanem. Całość leżała na drewnianym podłożu.

Hamulec przyłączono do źródła o napięciu $= 24\text{V}$. Temperaturę
mierzone termometrem rtęciowym o zakresie $/0 + 100/^{\circ}\text{C}$.

Wyniki badań zestawiono w tablicy II. Badania wypadły pozytyw-
nie, ponieważ w tak niekorzystnych warunkach ^{hamulce} nagrzały się
mniej niż o 35°C .

3.5. Ocena wyników badań.

Wykonane prototypy hamulców elektromagnetycznych przeszły bada-
nia laboratoryjne, które przeprowadzono na stanowisku specjalnie
do tego celu wykonanym. Pomierzone momenty przekroczyły warunki
nominalnej wartości tego parametru, przy czym hamulec nr 4
wykazał najmniejszy moment, prawdopodobnie z powodu gorszego
niewłaściwego materiału użytego na nabiegunnik dolny.

Zmiany konstrukcyjne wprowadzone do prototypów, wg propozycji
przedstawionych w sprawozdaniu nr rej. 5362 dla zwiększenia
momentu, spowodowały wzrost momentu, większy niż zakładano.

W wyniku tego uzwojenie w obwodzie magnetycznym hamulca było

| Badania przed rozmagnesowaniem hamulców | | | | Badania po rozmagnesowaniu hamulców | | |
|---|----------------------|------------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| Nr hamulca | Moment hamowania kGm | Otwieranie hamulca przy 22°C | | Moment hamowania kGm | Otwieranie przy temperaturze 50°C | |
| | | napięcie V | prąd A | | napięcie V | prąd A |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nr 1 | 1,24 | 31 | 0,88 | 1,04 | - | - |
| nr 2 | 1,35 | 31 | 0,90 | 0,84 | 24 | 0,6 |
| nr 3 | 1,34 | 31 | 0,88 | 0,80 | 24 | 0,6 |
| nr 4 | 1,13 | 29 | 0,82 | 0,80 | 24 | 0,6 |

Tabela I

Tablica II. Pomiar ~~ów~~ zdolności odprowadzania ciepła przez uzwojenie hamulca.

Drut nawojowy DNE ϕ 0,35; ilość zwojów 925. Napięcie 24V

| Nr hamulca | czas godz. | temperatura C | prąd A |
|------------|------------|---------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| nr 1 | 0 | 21 | 0,7 |
| | 1 | 48 | 0,63 |
| | 2 | 51 | 0,62 |
| | 4,5 | 54 | 0,6 |
| | 5 | 54 | 0,6 |
| nr 2 | 0 | 20,5 | 0,7 |
| | 1 | 47,5 | 0,63 |
| | 2 | 50 | 0,62 |
| | 2,5 | 51,5 | 0,61 |
| | 3 | 51,5 | 0,6 |
| 3,5 | 51,5 | 0,6 | |
| nr 3 | 0 | 22 | 0,67 |
| | 1 | 47 | 0,61 |
| | 1,5 | 49 | 0,6 |
| | 2 | 50 | 0,6 |
| nr 4 | 3 | 50 | 0,6 |
| | 0 | 20,5 | 0,7 |
| | 1 | 45 | 0,62 |
| | 2 | 49,5 | 0,6 |
| | 3 | 51 | 0,6 |
| 4 | 52 | 0,6 | |
| 5 | 52 | 0,6 | |

zbyt słabe dla umożliwienia wyłączenia hamulca.

Dla uzyskania prawidłowego działania prototypów zaszcza potrzeba częściowego rozmagnesowania magnesów.

Przy ustaleniu wielkości rozmagnesowania musiano uwzględnić też dodatkowe rozmagnesowanie /zapewniające wyłączenie w temperaturze 50°C / uwzględniające wzrost rezystancji uzwojenia cewki, powodujące dalsze zmniejszenie strumienia magnetycznego. W wyniku tego uzyskany moment jest około 0,2 kGm mniejszy od wymaganego, przy niewykorzystaniu możliwości magnesów zapewniających moment o 0,3 kGm większy niż wymagany.

Otrzymane wyniki świadczą o możliwości uzyskania wymaganych parametrów przy niewielkich zmianach wymiarowych optymalizujących konstrukcję. Zmiany te z uzasadnieniem są przedstawione w p.4.

Poprawnie wykonano płaską sprężynę w zespole zwory, która przy obciążeniu 6 kG ugięła się o 0,3mm.

Sprawdzenie zdolności odprowadzenia ciepła przez cewkę, przeprowadzone w niekorzystnych warunkach odprowadzanie ciepła, wypadły pozytywnie, ponieważ żaden z hamulców nie nagrzał się o więcej niż 35°C .

4. WNIOSKI.

Badania wykazały, że strumień magnetyczny magnesów jest za duży o około 30% od strumienia cewki, a moment hamowania przewyższa moment nominalny. W związku z powyższym należy przeprowadzić zmiany konstrukcyjne hamulca, aby powiększyć przestrzeń przeznaczoną na cewkę.

Proponuje się ~~zastosowanie~~ zastosować magnes o 1 mm niższy, wymiar dolnego nabiegunnika zmniejszyć o 1 mm, górnego nabiegunnika o 1 mm, zworę o 0,5 mm. i korpus zespołu zwory o 1 mm. Z otrzymanych 4,5 milimetra, 3,5 milimetra należy wykorzystać

na powiększenie wysokości cewki.

Zmiana obwodu magnetycznego zmniejszy strumień magnetyczny o około $1/10 \pm 20\%$ natomiast powiększenie przestrzeni na cewkę pozwoliło zastosować drut $\phi 0,38$ bez obawy o pogorszenie warunków cieplnych uzwojenia, a pozwoliło zwiększyć strumień magnetyczny cewki o około 25%.

Ocenia się, że proponowane zmiany zapewnią prawidłową pracę hamulca.

Parametry proponowanej cewki i cewki zastosowanej w prototypach przedstawione są w tablicy III.

Tablica III.

| parametry | prototyp hamulca | proponowane zmiany |
|------------------------------------|------------------|--------------------|
| okienko cewki mm | 8 x 16,5 | 12.2 x 16,5 |
| ilość zwojów | 964 | 1230 |
| napięcie prądu A | 0,66 | 0,65 |
| siła magnetomotoryczna A/zwój | 636,6 | 786 |
| moc W | 15,84 | 15,6 |
| gęstość prądu A/mm ² | 6,86 | 5,75 |

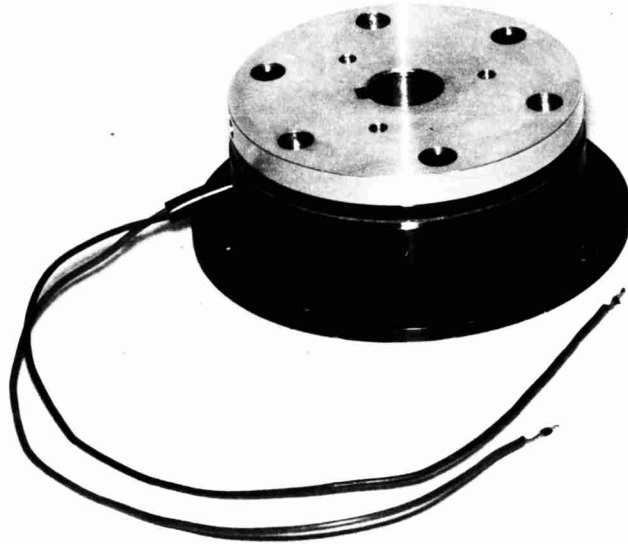
Ostateczna regulacja hamulca zapewniająca z jednej strony uzyskanie odpowiedniego momentu hamującego, z drugiej zaś zapewnienie jego pełne "otwarcie" w temperaturze 50°C, należy przeprowadzać przez częściowe, kontrolowane odmagnesowanie magnesu stałego. Zaproponowane zmiany zostały wprowadzone do dokumentacji.

AA

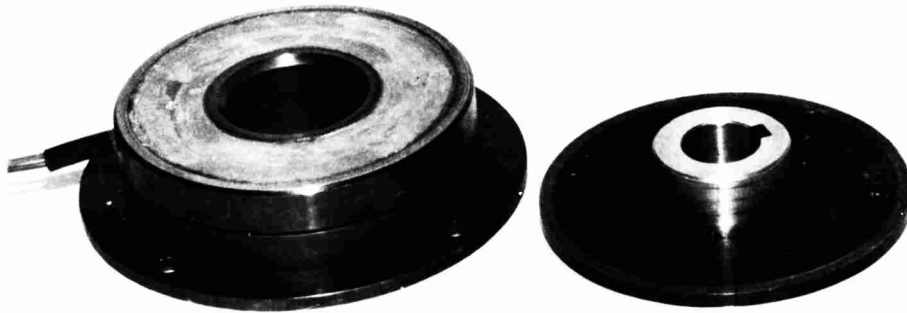
Przy wykonywaniu serii informacyjnej hamulców jest nieodzowny nadzór autorski zarówno dla wprowadzenia ewentualnych korekt spowodowanych rozrzutem parametrów ~~masz~~ materiałów jak też dla przekazania uzyskanych doświadczeń w czasie opracowania. Wnioskuje się wykorzystanie prototypów o numerach 2, 3 i 4 do robotów w warunkach normalnej eksploatacji. Zasadność tego wniosku oparto na pomiarach szeregu hamulców importowanych, które wykazywały mniejsze lub takie same wartości momentów hamowania jakie uzyskano w prototypach.

Egzemplarz prototypu nr 1 proponuje się pozostawić w ORC jako egzemplarz przydatny do prowadzenia dalszych prac rozwojowych nad tego rodzaju hamulcami.

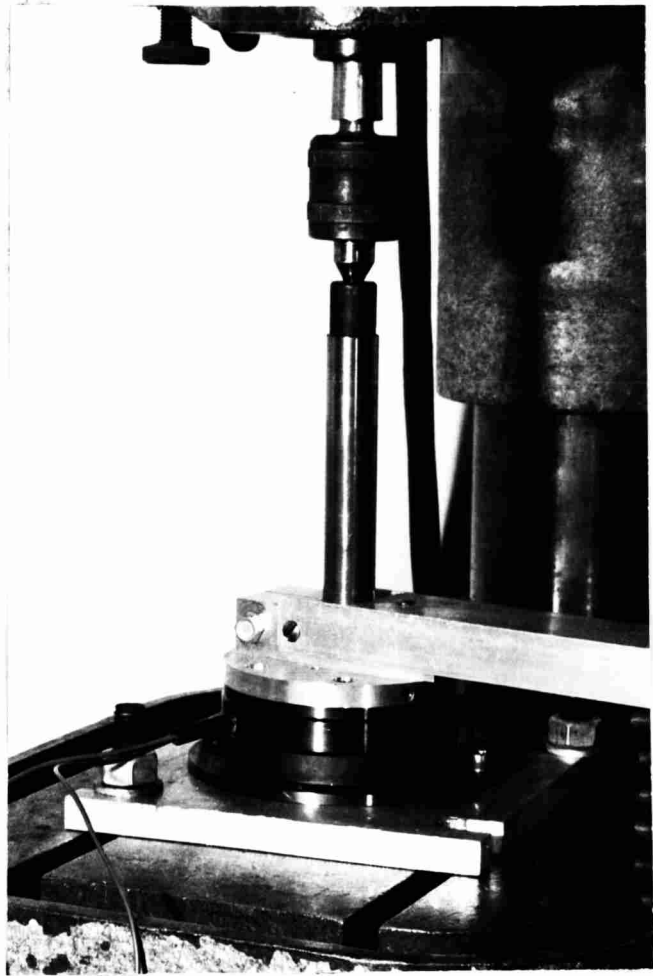
W konkluzji przedstawionych informacji technicznych można stwierdzić, że zdobyty w wyniku zrealizowanych prac poznawczych ~~typ~~ "know how", usprawiedliwia do postawienia wniosku o zaniechaniu importu takich hamulców z II-giej strefy płatniczej i rozpocząć produkcję własną poczynając od serii informacyjnej. Przy serii np. 200 szt. /jest to seria uzasadniona z uwagi na wielkość zapowiadanej produkcji robotów IRb-60 przez przedsiębiorstwo "HYDOMAT"/, koszty jednostkowy hamulca wykonywanego w ZD ■ MERA-PIAP ocenia się na 42.000 zł. - wynika to z oszacowanej pracochłonności jednostkowej na 31 rbh i koszcie roboczo-
oraz koszcie usług obcych i materiałów w wysokości 4.800zł /
godziny 1.200 zł. $\sqrt{\text{Zważywszy, że cena jednostkowa hamulca importowanego wynosi 300 $, należy uznać uruchomienie produkcji w ZD za ekonomicznie opłacalne, jako że przelicznik dolarowy będzie się kształkować na poziomie ca 140 zł za 1 dolar.}}$



Rys. 1. Prototyp hamulca



Rys. 2. Zespół stojana i zespół zwory
prototypu hamulca.



Rys. 3. Stanowisko do badania prototypów
z zamontowanym hamulcem.