

Stanisław LABER*

BADANIA WPLYWU OBRÓBKI NAGNIATANIEM NA WŁASNOŚCI SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNE ŻELIWA SFEROIDALNEGO FERRYTYCZNEGO

**THE STUDY OF THE INFLUENCE PROCESSING PRESSING
ON THE ELASTIC-PLASTIC PROPERTIES OF
SPHEROIDAL FERRITIC CAST IRON**

Słowa kluczowe:

warstwa wierzchnia, żeliwo, własności sprężysto-plastyczne

Key-words:

Surface layer, cast iron, elastic-plastic properties

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań własności sprężysto-plastycznych warunkowane siłą nagniatania krążkowaniem naporowym żeliwa EN-GJSF-HB205. Przeprowadzone badania [L. 4] wykazały, że siła nagniatania kształtując stan warstwy wierzchniej (WW), wpływa na poprawę własności geometrycznych powierzchni oraz fizycznych WW. Do-

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, ul. Z. Szafrana 2, 65-016 Zielona Góra.

tychczasowa diagnostyka własności WW jest pracochłonna i skomplikowana. Autorzy opracowania [L. 5–7] zaproponowali diagnostykę WW metodą penetracji statycznej, która pozwala na określenie jej własności plastycznych i sprężystych, wpływających między innymi na wytrzymałość kontaktowo-zmęczeniową oraz zużycie węzłów tarcia, co potwierdziły między innymi badania [L. 4].

WPROWADZENIE

Kształtowanie i badanie WW elementów maszyn stanowią aktualny temat wielu prac badawczych na świecie [L. 8–10], również w Polsce prowadzone są i były badania aktualnie obejmujące między innymi zagadnienia [L. 1, 4, 6]:

1. Fizyki i diagnostyki konstituowania technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) ze szczególnym uwzględnieniem jej ulepszania za pomocą implantacji jonowej, skrawania i innych procesów technologicznych.
2. Fizyki i diagnostyki użytkowania technologicznej i eksploatacyjnej WW.

O konieczności prowadzenia badań podstawowych dotyczących WW (zarówno na etapie konstituowania, jak i użytkowania) zwracano wielokrotnie uwagę na licznych konferencjach krajowych i zagranicznych z zakresu technologii obróbki powierzchniowej, tribologii i innych [L. 1, 4, 8, 10].

Kierunek badań, który nie jest dostatecznie poznany w porównaniu z badaniami własności stereometrycznych powierzchni oraz fizycznych WW, a mający duże znaczenie w badaniach właściwości użytkowych węzłów tarcia np. właściwości tribologicznych, wytrzymałości kontaktowo-zmęczeniowej, to badania własności sprężysto-plastycznych. Przykładowo w czasie tarcia współpracujących elementów, zwłaszcza w momencie rozruchu oraz w okresie zacierania [L. 1, 4, 11].

CEL, ZAKRES I WARUNKI BADAŃ

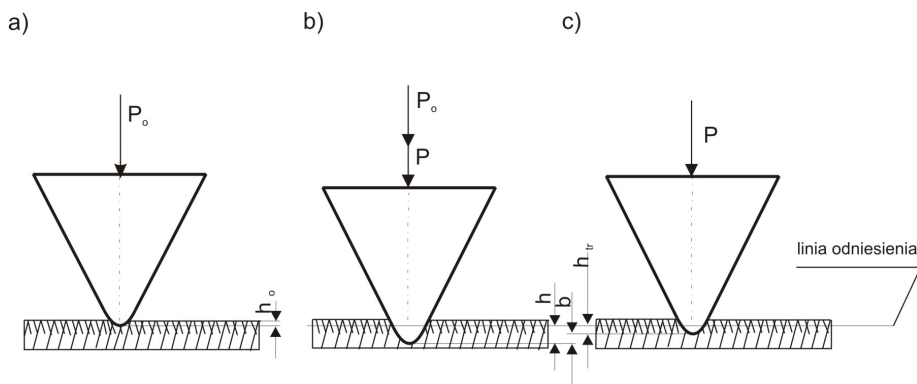
Celem badań było ustalenie wpływu obróbki nagniataniem na własności sprężysto-plastyczne żeliwa EN-GJSF-HB205 o następującym składzie chemicznym: C = 3,13%, Mn = 0,51%, Si = 3,7%, P = 0,10%, S = 0,23%. Badania procesu nagniatania realizowano krążkowaniem naporowym. Narzędziem był krążek o średnicy $D_k = 40$ mm oraz promieniu w zaokrągleniu $r_k = 20$ mm. Średnica elementu nagniatanego wynosiła 40 mm. Proces na-

gniatania realizowano na obrabiarce TUD-50 w następujących warunkach obróbki: posuw $f = 0,21$ mm/obr., obroty $n = 450$ obr./min, przy smarowaniu – nafta + olej maszynowy M10 w stosunku 1:1.

Badania własności sprężysto-plastycznych realizowano metodą penetracji statycznej, która polegała na wciskaniu penetratora (wglębnik Vickersa) w badany materiał przy stopniowo narastającym obciążeniu do obciążenia maksymalnego (zadanego), wytrzymaniu tego obciążenia przez pewien czas, a następnie stopniowym odciążeniu penetratora. Tak więc przebieg wciskania się penetratora odbywał się na czterech etapach – **Rys. 1 [L. 6]:**

- I – obciążenia penetratora siłą wstępną P_o ,
- II – obciążenia penetratora siłą całkowitą P_c ,
- III – wytrzymania obciążenia,
- IV – odciążenia penetratora.

Obciążenie wstępne wynosiło 0,5 N. Obciążenie maksymalne 50 N. Czas całkowitego cyklu pomiarowego wynosił 380 s. Cykl pomiarowy składał się z obciążenia wglębnika Vickersa w czasie 180 s, czas odciążenia wynosił również 180 s. Pomiar pozwolił na określenie odkształceń całkowitych h_c , odkształceń plastycznych h_{pl} , odkształceń sprężystych h_{sp} oraz współczynnika X-procentowego udziału odkształcenia sprężystego w odkształceniu całkowitym [L. 2]:

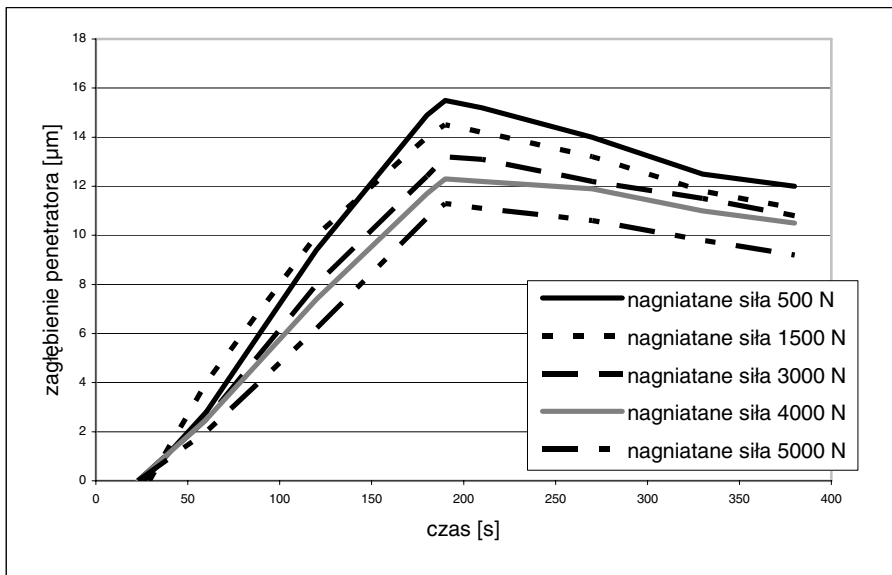


Rys. 1. Zasada pomiaru odkształceń sprężysto-plastycznych metodą penetracji statycznej: a) obciążenie penetratora siłą wstępną P_o , b) – obciążenie penetratora siłą całkowitą $P_c = P_o + P$, c) – zdjęcie obciążenia P ; h_o – odkształcenie wstępne, h – głębokość odkształcenia całkowitego, h_{tr} – głębokość odkształcenia trwałego (plastycznego), b – głębokość odkształcenia sprężystego

Fig. 1. Principle measurement elastic-plastic strain statistics penetration method

WYNIKI BADAŃ

Na **Rys. 2** przedstawiono przebieg zagłębienia penetratora funkcji czasu i siły nagniatania. Z **Rys. 2** wynika, że maksymalne zagłębienie penetratora występuje przy sile nagniatania 500 N, natomiast najmniejsze dla siły nagniatania 5000 N. Odzwierciedleniem wgłębienia penetratora w badany materiał – **Rys. 2, Tabela 1**, są własności sprężysto-plastyczne (**Rys. 3**). Z **Rys. 3** wynika, że odkształcenie całkowite dla siły nagniatania 500 N ma największą wartość a dla siły nagniatania 5000 N ma wartość najmniejszą.



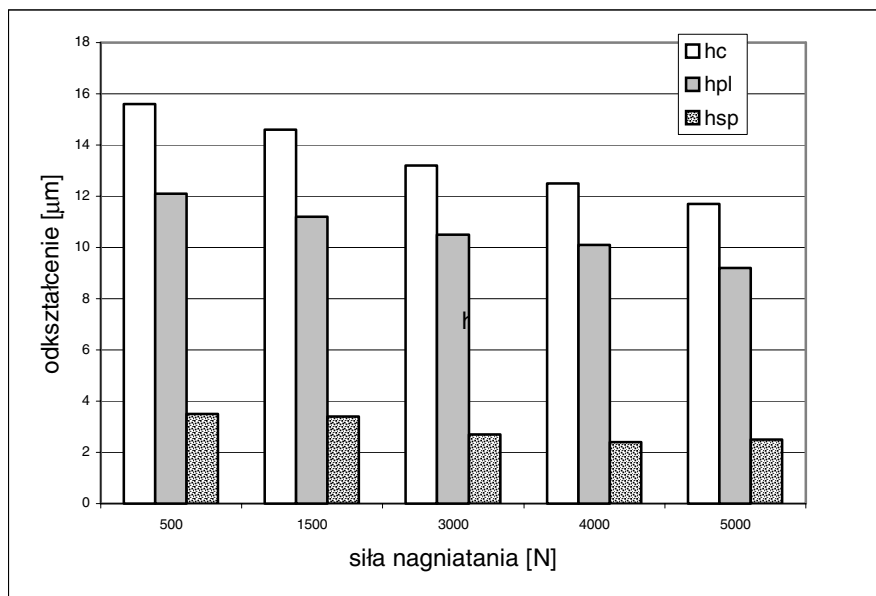
Rys. 2. Przebieg zagłębienia się penetratora w funkcji czasu i siły nagniatania

Fig. 2. The course of caving the penetrator in the function of the time of the duty for surfaces worked pressing

Tabela 1. Własności sprężysto-plastyczne żeliwa po nagniataniu

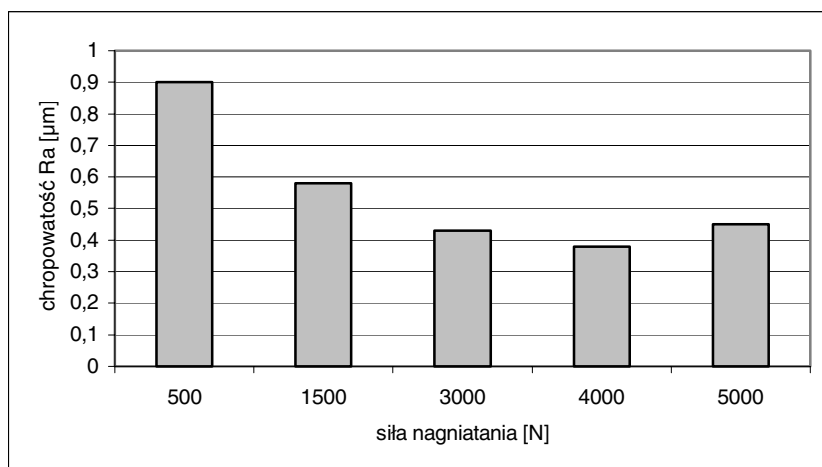
Table 1. The elastic – plastic properties cast iron after pressing

Własności sprężysto-plastyczne	Siła nagniatania [N]				
	500	1500	3000	4000	5000
hc	15,6	14,6	13,2	12,5	11,7
hpl	12,1	11,2	10,5	10,1	9,2
hsp	3,5	3,4	2,7	2,4	2,5
X	22,4	23,3	20,5	19,2	21,4



Rys. 3. Własności sprężysto-plastyczne żeliwa EN-GJSF-HB205 w funkcji siły nagniatania

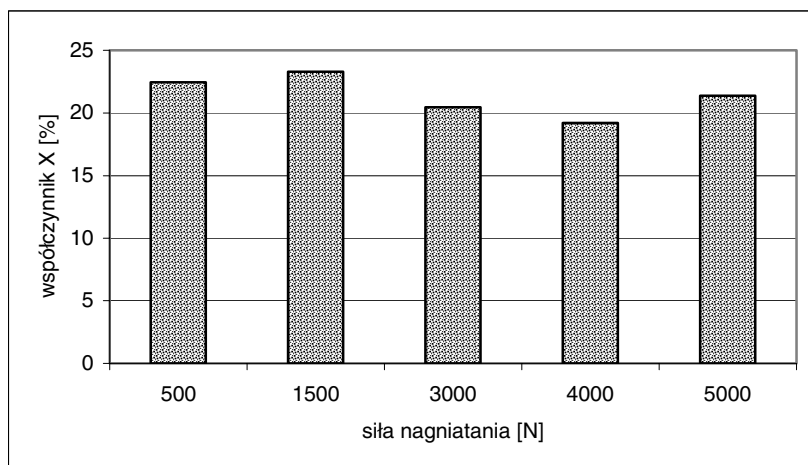
Fig. 3. The elastic-plastic properties of spheroidal ferritic cast iron in the function of the strength of pressing



Rys. 4. Wpływ siły nagniatania na chropowość powierzchni[L. 4]

Fig. 4. The influence of the strength of pressing on the roughness of the surface

Przy siłach nagniatania w zakresie 1500 do 4000 N odkształcenie całkowite zmniejsza się wraz ze wzrostem siły nagniatania. Takie wartości zmian odkształceń całkowitych spowodowane są tym, że przy sile nagniatania 500 N nie w pełni nastąpiło odkształcenie WW (mniejszy zgniot), natomiast w przypadku nagniatania siłą 5000 N nastąpiło przekroczenie strefy zgniotu, czemu towarzyszyło rozluźnienie spójności materiału (dekohezja). Potwierdzeniem tego jest wpływ siły nagniatania na chropowatość powierzchni – **Rys. 4. [L. 4]**. Z rysunku wynika, że wraz ze wzrostem siły nagniatania w zakresie od 500 do 4000 N chropowatość powierzchni obniża się wraz ze wzrostem siły nagniatania. Najmniejszą chropowatość powierzchni uzyskano dla siły nagniatania 4000 N. Przy większej sile nagniatania 5000 N i wyższej na powierzchni powstają mikropęknięcia, co jest powodem wzrostu chropowatości powierzchni (**Rys. 3**) i obniżenia własności sprężysto-plastycznych materiału – **Tab. 1**. W eksploatacji maszyn mając na uwadze takie właściwości użytkowe węzła tarcia, jak wytrzymałość zmęczeniowa i zużycie ścierne, ważnym wskaźnikiem jest stosunek udziału odkształceń sprężystych w odkształceniach całkowitych – parametr X (**Tabela 1**). Jak wykazały badania, parametr ten najkorzystniej kształtuje się w przypadku siły nagniatania $P = 4000$ N, a więc powierzchni, która charakteryzuje się najniższą chropowatością powierzchni (**Rys. 4**).



Rys. 5. Wpływ siły nagniatania na wartość współczynnika X

Fig. 5. The influence of the strength of pressing on the value of the coefficient X

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że obróbka nagniataniem związana z przekazywaniem energii na powierzchnię obrabianą wpływa na zmianę własności sprężysto-plastycznych WW. Wraz ze zmianą siłą nagniatania (w pewnym zakresie siły nagniatania) polepszają się własności sprężysto-plastyczne badanego żeliwa.

Dla siły nagniatania 4000 N uzyskano korzystną (najmniejszą) wartość współczynnika udziału odkształceń sprężystych do odkształceń całkowitych X.

Mając na uwadze uzyskane wyniki badań wskazanym jest prowadzenie dalszych badań nad wpływem odkształceń sprężysto-plastycznych na zużycie ścierne, zatarcie oraz wytrzymałość kontaktowo-zmęczeniową. W tym kierunku kontynuowane są badania przez autora.

LITERATURA

1. Burakowski T., Wierzchoń T.: Inżynieria powierzchni metali. WNT, Warszawa 1995.
2. Broniewski T., Iwasiewicz R., Kapka J., Płaczek W.: Metody badań i ocena własności tworzyw sztucznych. WNT, Warszawa 1980.
3. Identyfikacja wybranych własności sprężysto-plastycznych zdeterminowanych procesem technologicznym oraz metodą pomiaru. Sprawozdanie z badań pod red. S. Labera. CPBR 02.04. WSIlnż. Zielona Góra.
4. Laber S.: Analiza współzależności pomiędzy stanem warstwy wierzchniej a właściwościami użytkowymi żeliwnych elementów maszyn obrabianych nagniataniem. Monografia 32. WSIlnż. Zielona Góra 1985.
5. Laber S., Szlęzak F.: Twardościomierz do badań dynamicznych warstwy wierzchniej. Materiały IX Sympozjum Trybologicznego nt.: Fizykochemia i technika smarowania. Zielona Góra – Lubiatów 1979.
6. Laber S., Laber A.: Własności sprężysto-plastyczne warstwy wierzchniej. Tribologia 5/2008.
7. Opracowanie metodyki badań oraz przystosowanie stanowiska do badań własności sprężysto-plastycznych warstwy wierzchniej. Sprawozdanie z badań pod red. S. Labera. CPBR 02.04. WSIlnż. Zielona Góra 1989.
8. Kortmann W: Vergleichende Betrachtungen der gebräuchlichsten Oberflächenbehandlungsverfahren. Fachberichte Hüttenpraxis Metallverarbeitung", vol. 24, nr 9, 1986 .
9. Tietz H.D.: Entstehung und Einteilung von Eigenspannungen in Werkstoffen. „Neue Hütte“, vol. 25, nr 10, 1980.

10. Frey K., Kienel G.: Dülenschicht Technologie. VDI Verlag, Düsseldorf 1987.
11. Nosal S.: Tribologiczne aspekty zacierania się węzłów ślizgowych. Wyd. Politechnika Poznańska 1998.

Recenzent:
Jerzy BOCHNIA

Summary

This paper presents the results of the study of elastic-plastic properties that conditioned the strength of pressing spheroidal ferric cast iron. Investigations showed that the strength of pressing influenced the improvement of the property of geometrical surfaces. The hitherto existing diagnostics of the top layer is labour consuming and difficult. The authors propose the diagnostics WW as a method of the static penetration that allows the definition of the plastic and elastic properties.