

Marcin SZYC, Leon KUKIELKA

## WYGLĄDZANIE KAROSERII SAMOCHODOWEJ DYNAMICZNYM NAGNIATANIEM ROZPROSZONYM

### *Streszczenie*

*Praca dotyczy analizy przeprowadzonych badań eksperymentalnych procesu wygładzania powierzchni karoserii (części dachowej) poprzez dynamiczne nagniatanie rozproszone. W celu wyznaczenia równań regresji parametrów nagniatanej powierzchni opracowano dwupoziomowy plan eksperymentu. Przykładowe wyniki przedstawiono w artykule.*

### WSTĘP

Najważniejszymi wyzwaniami stojącymi dzisiaj przed przemysłem motoryzacyjnym jest zapewnienie jak największego bezpieczeństwa oraz komfortu użytkownikom pojazdów samochodowych [1, 2]. Wdrażanie nowoczesnych technologii i niekonwencjonalnych procesów obróbkowych jest podstawą konkurencyjności na rynku.

Jednym z procesów szeroko stosowanych w motoryzacji jest dynamiczne nagniatanie rozproszone (DNR). Obróbka ta stosowana jest m.in. do kształtowania powierzchni elementów tj.: skrzynie biegów, pompy wodne, alternatory, rozruszniki, podwozia, błotniki, części karoserii itp. Proces DNR jest również doskonałą obróbką poprzedzającą nakładanie powłok, np. fosforanowych. Jakość oraz żywotność powłok karoseryjnych zależy od stopnia adhezji, który wprost wynika z jakości przygotowanej powierzchni pod galwanizację.

Dynamiczne nagniatanie rozproszone jest obróbką plastyczną na zimno. Polega ona na uderzaniu strumieniem elementów nagniatających w powierzchnię obrabianą. Ze względu na przerywany kontakt narzędzia z przedmiotem nagniatanym, jest to proces mało inwazyjny (zwłaszcza dla elementów nagniatających w postaci kulek ze szkła sodowego) pod kątem znaczących zmian właściwości chemiczno – strukturalnych materiału.

Podstawowym problemem stosowania procesu DNR jest dobór warunków realizacji procesu (średnica i rodzaj materiału elementu nagniatającego oraz parametry technologiczne: intensywność nagniatania, czas obróbki, prędkość strugi elementów nagniatających, kąt uderzenia, itp.), w celu zapewnienia wymaganych właściwości kształtowanej warstwy wierzchniej. Dlatego też niezbędne jest przeprowadzenie planu eksperymentu, na którego podstawie możliwe będzie określenie wpływu zadanych parametrów technologicznych DNR, a w konsekwencji zwiększenie precyzyjności jego kontroli.

# 1. METODYKA BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

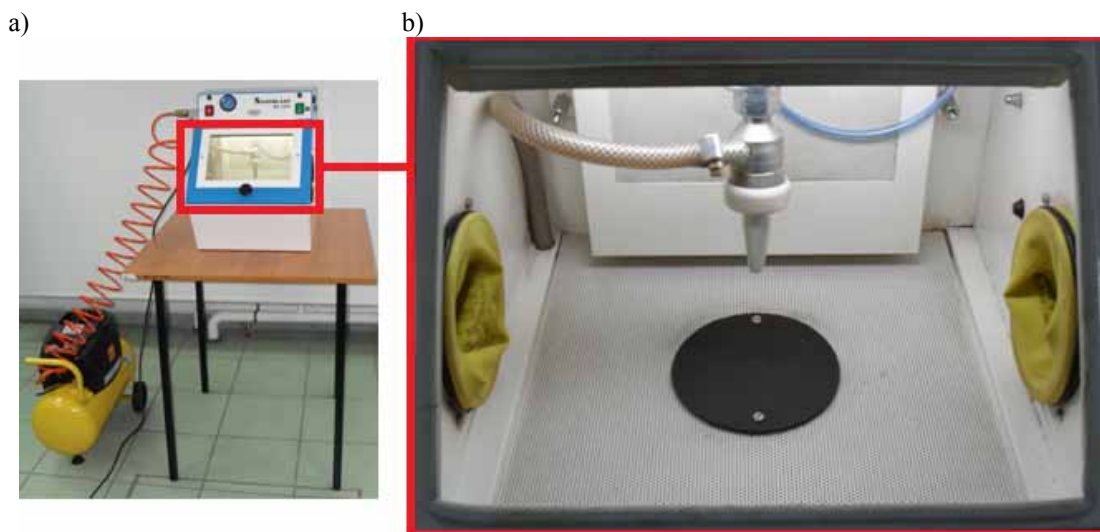
Do badań wykorzystano stal tłoczną DC01, która jest powszechnie stosowana w kształtowaniu elementów karoseryjnych. Z arkuszy blach o grubości  $g = 2$  mm wycięto płytki o wymiarach  $50 \times 50$  mm. Powierzchnie płytek zostały poddane obróbce szlifowania do uzyskania pożądanej chropowatości (rys. 1).



**Rys. 1.** Etapy przygotowania płytek poddanych procesowi DNR

Źródło: Opracowanie własne.

Następnym etapem realizacji badań eksperymentalnych było przeprowadzenie procesu DNR dla zadanych parametrów technologicznych. W tym celu zbudowano stanowisko do przeprowadzenia procesu nagniatania (rys. 2) oraz opracowano plan eksperymentu. Przyjęto dwupoziomowy plan eksperymentu (poziom ufności  $\alpha = 0,1$ ) dla określonych danych wejściowych (ciśnienie robocze dyszy, średnica elementów nagniatających, kąt nachylenia dyszy do powierzchni nagniatanej, czas nagniatania) w celu wyznaczenia równań regresji (tab. 1).



**Rys. 2.** Stanowisko do przeprowadzenia procesu DNR: a) – urządzenie SandBlast RLV7 wraz ze sprężarką, b) – widok kabiny iniekcyjnej urządzenia nagniatającego

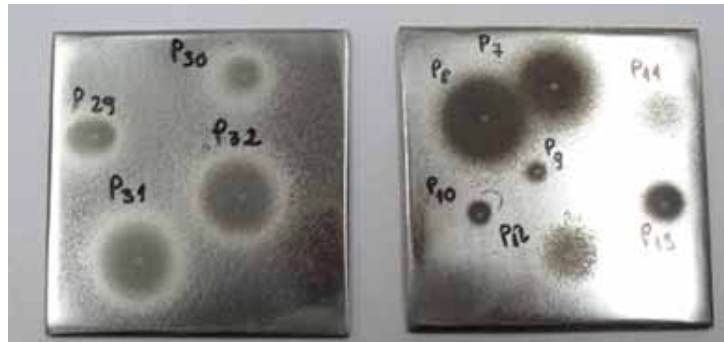
Źródło: Opracowanie własne.

**Tab. 1.** Zmienne wejściowe procesu DNR

Parametr	Poziom 1	Poziom 2
P: ciśnienie robocze dyszy [MPa]	0,2	0,6
S: średnica elementów nagniatających [ $\mu\text{m}$ ]	300-400	500-600
A: kąt nachylenia <sup>o</sup>	60	90
D: odległość dyszy [mm]	20	50
T: czas ekspozycji [s]	5	60

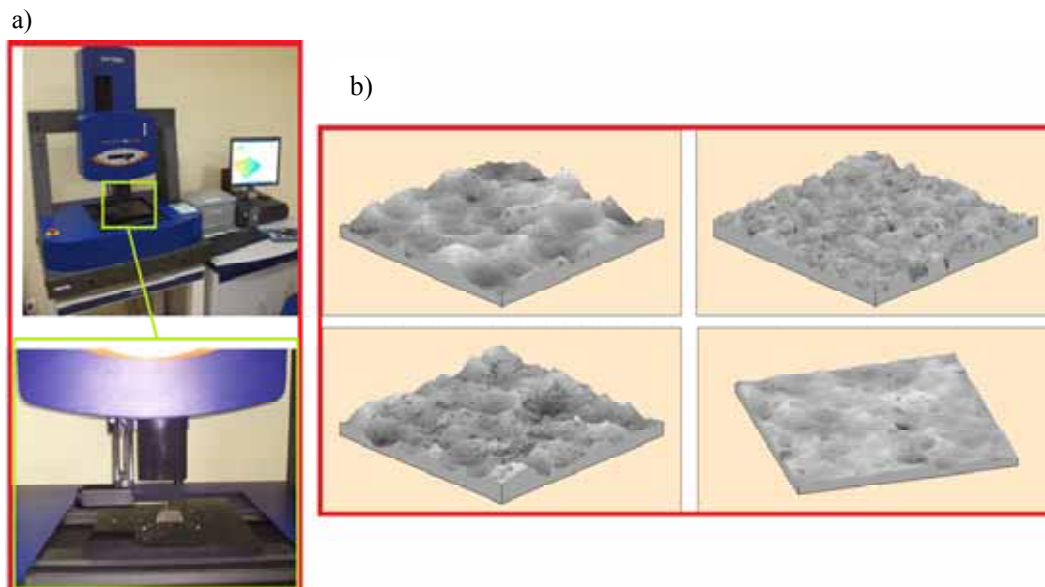
Kolejnym etapem był pomiar powierzchni płytek po procesie nagniatania (rys. 3). Do wyznaczenia parametrów struktury geometrycznej powierzchni (SGP) posłużył profilografometr stykowy TalySurf CLI 2000 firmy Taylor Hobson (rys. 4a). Pomiar ograniczał się do

powierzchni o wymiarach 1 x 1 mm przy inkrementacji w postaci macierzy 1000 x 1000 kroków pomiarowych. Po zakończeniu pomiaru wszystkich nagniatanych powierzchni, poddano je analizie w programie TalyMap (rys. 4b).



**Rys. 3.** Powierzchnie płytek po procesie DNR

Źródło: Opracowanie własne.



**Rys. 4.** Stanowisko pomiarowe: a) – profilografometr TalySurf CLI 2000, b) – wygląd powierzchni przetworzonej w programie TalyMap

Źródło: Opracowanie własne.

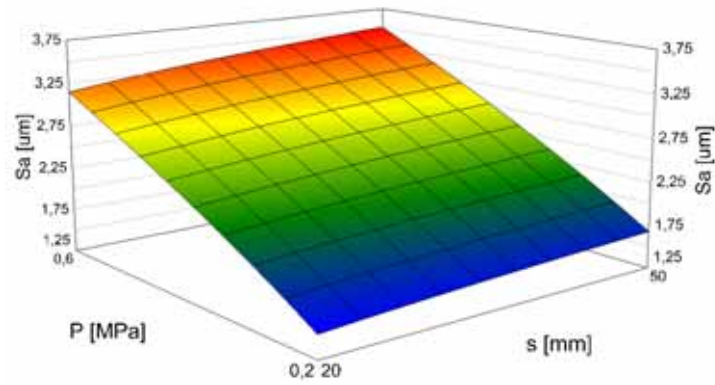
## 2. WYNIKI BADAŃ

Wybrano dwupoziomowy plan eksperymentu ze względu na to, że analizowano kształt funkcji dla wartości maksymalnych oraz minimalnych parametrów technologicznych procesu DNR.

W programie Experiment Planner wyznaczono trzy równania regresji, dla:

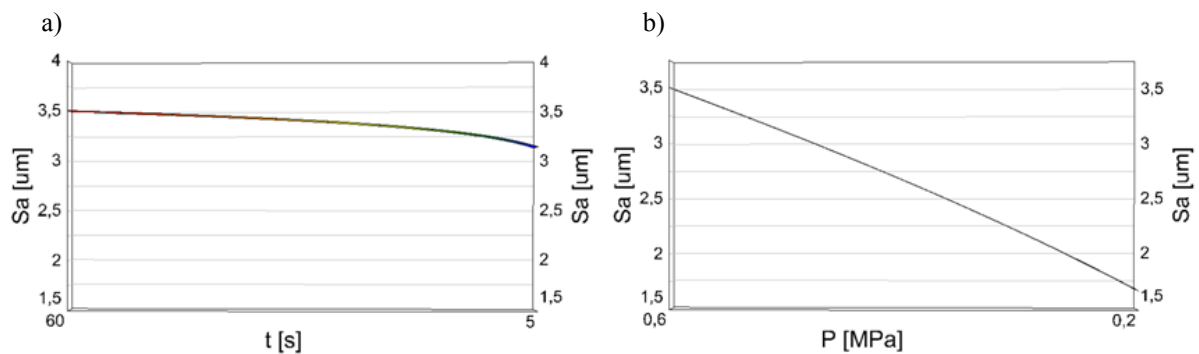
- średniego arytmetycznego odchylenia wysokości nierówności powierzchni od płaszczyzny odniesienia ( $S_a$ ),
- odległości wertykalnej między najwyższym wzniesieniem i najniższą doliną ( $S_t$ ),
- wysokości rdzenia powierzchni ( $S_k$ ).

Poniżej przedstawiono przykładowe wykresy zależności parametrów technologicznych procesu dynamicznego nagniatania rozproszonego do analizowanych parametrów powierzchni.



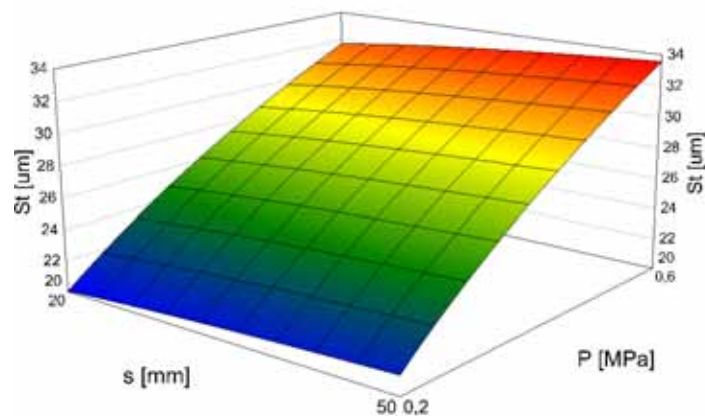
**Rys. 5.** Zależność ciśnienia roboczego dyszy ( $P$ ) oraz odległości od powierzchni nagniatanej ( $s$ ) ze względu na parametr powierzchni  $S_a$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm i  $t = 60$  s

Źródło: Opracowanie własne.



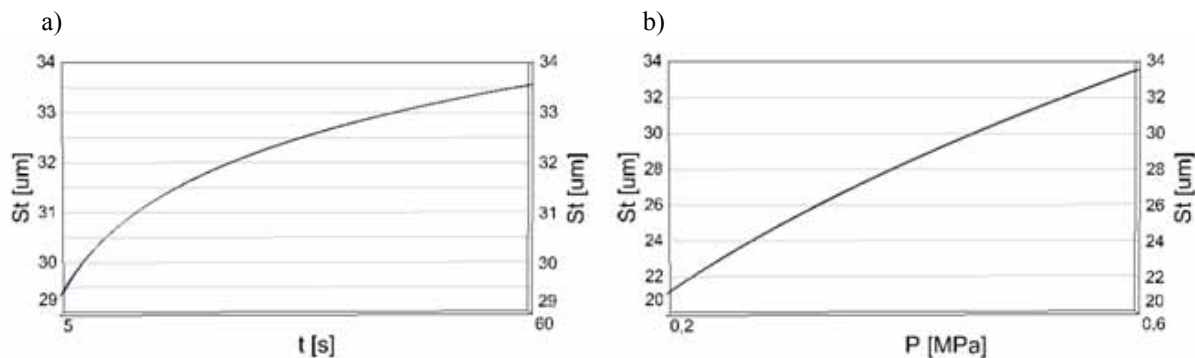
**Rys. 6.** Zależności: a) – czasu nagniatania, b) – ciśnienia roboczego dyszy ze względu na parametr powierzchni  $S_a$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm,  $P = 0,2$  MPa (a) i  $t = 60$  s (b)

Źródło: Opracowanie własne.



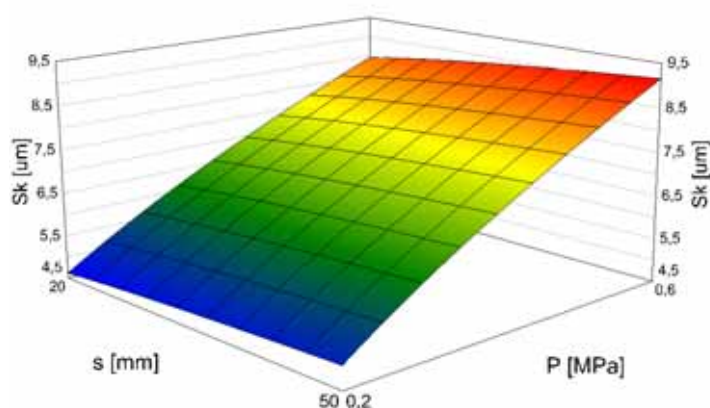
**Rys. 7.** Zależność ciśnienia roboczego dyszy ( $P$ ) oraz odległości od powierzchni nagniatanej ( $s$ ) ze względu na parametr powierzchni  $S_t$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm i  $t = 60$  s

Źródło: Opracowanie własne.



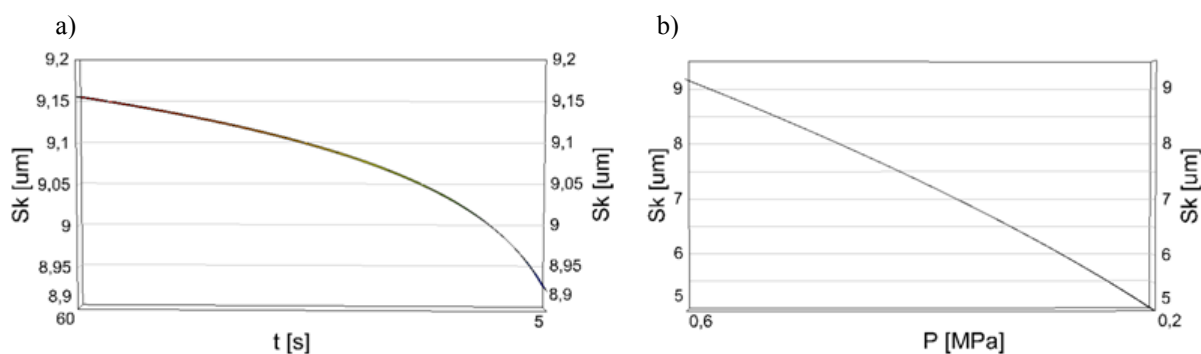
**Rys. 8.** Zależności: a) – czasu nagniatania, b) – ciśnienia roboczego dyszy ze względu na parametr powierzchni  $S_t$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm,  $P = 0,2$  MPa (a) i  $t = 60$  s (b)

Źródło: Opracowanie własne.



**Rys. 9.** Zależność ciśnienia roboczego dyszy ( $P$ ) oraz odległości od powierzchni nagniatanej ( $s$ ) ze względu na parametr powierzchni  $S_k$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm i  $t = 60$  s

Źródło: Opracowanie własne.



**Rys. 10.** Zależności: a) – czasu nagniatania, b) – ciśnienia roboczego dyszy ze względu na parametr powierzchni  $S_k$  dla  $A = 90^\circ$ ,  $D = 50$  mm,  $P = 0,2$  MPa (a) i  $t = 60$  s (b)

Źródło: Opracowanie własne.

Dla zadanych parametrów technologicznych procesu (czynniki wejściowe) otrzymano następujące równania regresji w postaci funkcji potęgowych dla parametrów SGP (czynniki wyjściowe):

$$S_a = 5,765 P^{0,6712} s^{0,1172} A^{-0,1584} d^{0,1629} t^{0,0446} \quad (1)$$

$$S_t = 47,17 P^{0,4183} s^{0,0616} A^{-0,1221} d^{0,0727} t^{0,0534} \quad (2)$$

$$S_k = 7,156 P^{0,5497} s^{0,0871} A^{0,0526} d^{0,1842} t^{0,0103} \quad (3)$$

## PODSUMOWANIE

Dzięki wykorzystaniu programu Experiment Planner 1.0.1 możliwe było wyznaczenie równania regresji w postaci funkcji potęgowej, czyli zależności badanych czynników (parametrów technologicznych procesu) od parametrów struktury geometrycznej powierzchni.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że parametry technologiczne, tj.: czas nagniatania, średnica elementów nagniatających, ciśnienie robocze oraz odległość dyszy od materiału nagniatanego wpływają z różnorodnym poziomem na SGP. Parametrem najistotniej wpływającym na strukturę geometryczną powierzchni jest ciśnienie robocze dyszy.

## BIBLIGRAFIA

1. Pogorzelska P., Rusak D., Kukielka L.: *Możliwości zastosowania systemów Ansys i Abaqus do symulacji procesów kulowania powierzchni płaskich*, IX Forum Motoryzacji, Słupsk, 2006, s. 259-266.
2. Szyc M., Bartosik P., Kukielka L.: *Analiza numeryczna procesu kulowania powierzchniowego pióra resoru półeliptycznego*, XI Forum Motoryzacji, Słupsk, 2008.

## PLANISHING THE BODY OF A CAR BY SHOT PEENING PROCESS

### *Abstract*

*Paper presents experimental researches of body element of a car planishing („roof” element) by shot peening process. The main goal of this article was to determinate regression equations of geometrical parameters of surface. Two-level experiment plan was elaborated. Example results in this article was presented also.*

### *Autorzy:*

mgr inż. **Marcin Szyc** – Politechnika Koszalińska

prof. dr hab. inż. **Leon Kukielka** – Politechnika Koszalińska