

ANALIZA STATYSTYCZNA PARAMETRÓW MATERIAŁOWYCH ZACISKÓW HAMULCOWYCH

W trakcie produkcji wielkoseryjnej części samochodowych zakłada się, że parametry materiałowe wytworzonych elementów są dokładnie takie same. W rzeczywistości nie jest to jednak prawda. W artykule przedstawiono analizę statystyczną parametrów materiałowych zacisków hamulcowych. Przedstawiono analizę statystyczną własności materiału dla następujących parametrów materiałowych: gęstość materiału, zawartość procentowa glinu w stopie, zawartość procentowa żelaza w stopie, zawartość procentowa krzemu w stopie, zawartość procentowa magnezu w stopie.

WSTĘP

Artykuł dotyczy analizy statystycznej [2] parametrów materiałowych zacisków hamulcowych tarczowych dwóch typów 370/2 oraz 371/2 (rys. 1).



Rys. 1. Analizowane zaciski hamulcowe.

1. BADANIA STATYSTYCZNE WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU ZACISKÓW HAMULCOWYCH

Badane zaciski hamulcowe wykonane były ze stopu aluminium, którego skład był monitorowany, jednak ze względu na technologię wykonania zacisków (odlewanie) występowały różnice w zawartości procentowej pierwiastków w stopie, co powodowało również różnice w gęstości materiału. W związku z tym w przeprowadzono analizę statystyczną właściwości materiału zacisków hamulcowych. Wyznaczone zostały następujące parametry rozkładu wartości zmiennych losowych (parametry materiałowe procesu odlewania) materiału:

1. wartość średnia - E ,
2. odchylenie standardowe - σ ,
3. różnice między wartością maksymalną i minimalną - Δ .

Na podstawie tych trzech wartości statystycznych wyznaczono również dwie unormowane miary właściwości statystycznych materiału:

1. stosunek wartości odchylenia standardowego do wartości średniej - σ/E ,
 2. stosunek różnicy między wartością maksymalną i minimalną danej własności materiałowej do ich wartości średniej - Δ/E .
- Analizę statystyczną właściwości materiału przeprowadzono dla następujących parametrów materiałowych:

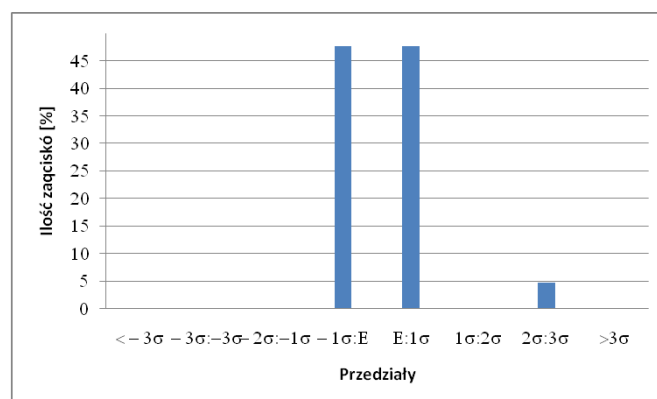
1. gęstość materiału,
2. zawartość procentowa glinu w stopie,
3. zawartość procentowa żelaza w stopie,
4. zawartość procentowa krzemu w stopie,
5. zawartość procentowa magnezu w stopie.

W tabeli 1 przedstawione są wartości statystyczne zmiennej losowej związanej z analizą gęstości materiału dla zacisków typu 370/2 oraz 371/2.

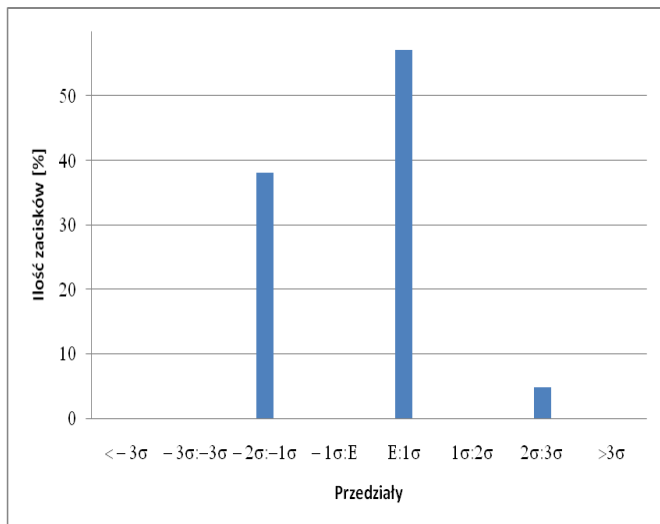
Tab. 1. Analiza statystyczna gęstości stopu aluminium

Typ zacisku	Wartość statystyczna				
	E [g/cm ³]	σ [g/cm ³]	Δ [g/cm ³]	σ/E [-]	Δ/E [-]
370/2	2,645	0,005	0,019	0,002	0,007
371/2	2,664	0,006	0,019	0,002	0,007

Na rysunku 2 pokazano rozkład statystyczny gęstości stopu aluminium unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2, na rysunku 3 - dla zacisków typu 371/2.



Rys. 2. Rozkład statystyczny gęstości stopu aluminium unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2.



Rys. 3. Rozkład statystyczny gęstości stopu aluminium unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 371/2

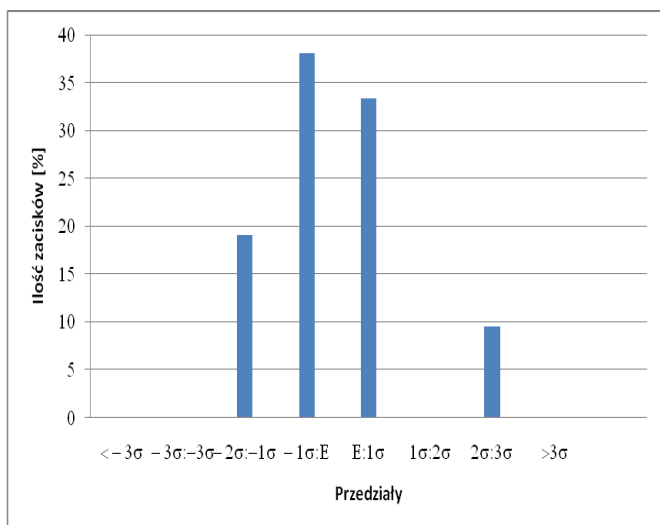
Z analizy histogramów przedstawionych na rysunkach 2 i 3 można zauważyć, że gęstości zacisków obydwu typów mają wartości zbliżone do wartości średniej.

Kolejnym analizowanym parametrem materiałowym była procentowa zawartość glinu w stopie. W tabeli 2 przedstawione są wartości statystyczne zmiennej losowej związanej z analizą procentowej zawartości aluminium w stopie dla zacisków typu 370/2 oraz 371/2.

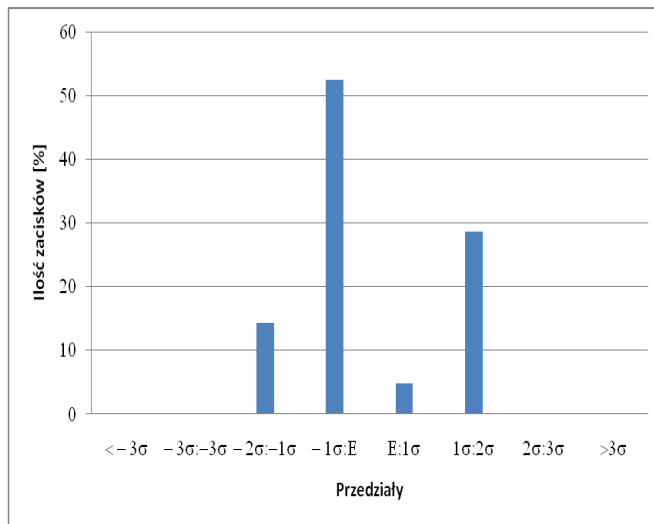
Tab. 2. Analiza statystyczna procentowej zawartości glinu w stopie

Typ zacisku		Wartość statystyczna				
		E [g/cm ³]	σ [g/cm ³]	Δ [g/cm ³]	σ/E [-]	Δ/E [-]
370/2	370/2	92,178	0,119	0,419	0,001	0,004
	371/2	92,146	0,078	0,229	0,001	0,002

Na rysunku 4 pokazano rozkład statystyczny zawartości procentowej glinu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2, na rysunku 5 - dla zacisków typu 371/2.



Rys. 4. Rozkład statystyczny zawartości procentowej glinu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2



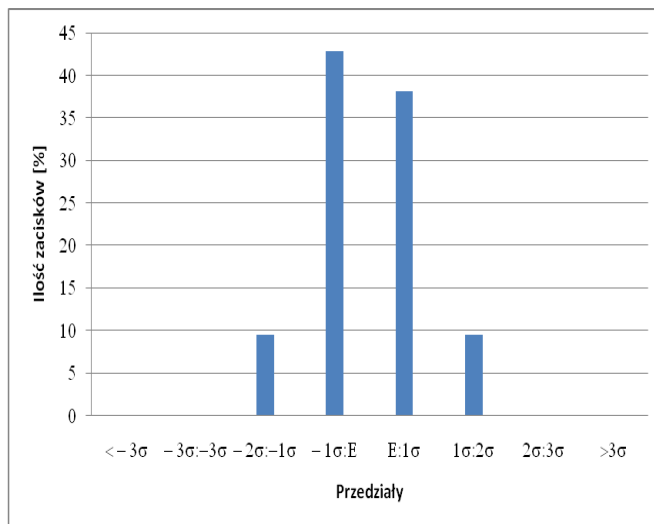
Rys. 5. Rozkład statystyczny zawartości procentowej glinu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 371/2

Kolejnym analizowanym parametrem materiałowym była procentowa zawartość żelaza w stopie. W tabeli 3 przedstawione są wartości statystyczne zmiennej losowej związanej z analizą procentowej zawartości żelaza w stopie dla zacisków typu 370/2 oraz 371/2.

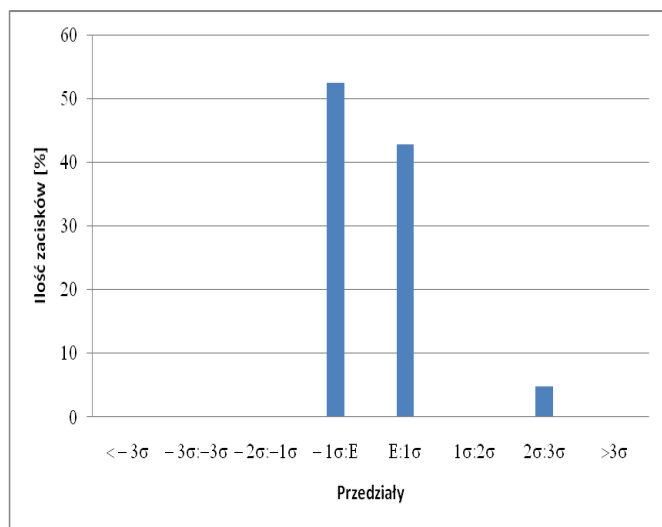
Tab. 3. Analiza statystyczna procentowej zawartości żelaza w stopie

Typ zacisku		Wartość statystyczna				
		E [g/cm ³]	σ [g/cm ³]	Δ [g/cm ³]	σ/E [-]	Δ/E [-]
370/2	370/2	0,104	0,007	0,029	0,075	0,286
	371/2	0,105	0,005	0,019	0,055	0,190

Na rysunku 6 pokazano rozkład statystyczny zawartości procentowej żelaza w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2, na rysunku 7 - dla zacisków typu 371/2.



Rys. 6. Rozkład statystyczny zawartości procentowej żelaza w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2



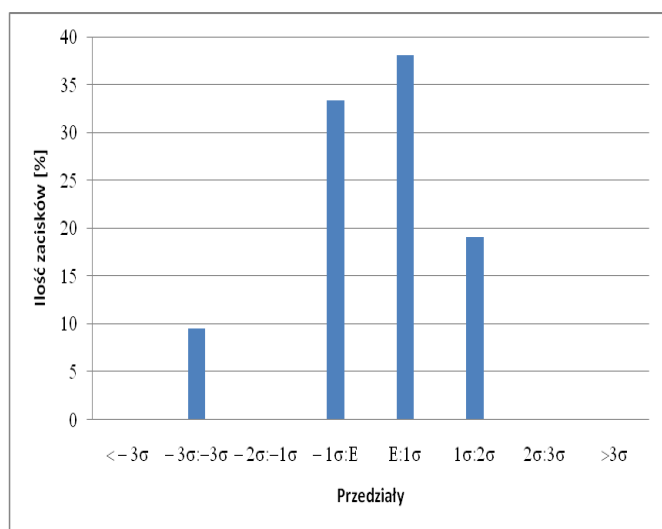
Rys. 7. Rozkład statystyczny zawartości procentowej żelaza w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 371/2

Kolejnym analizowanym parametrem materiałowym była procentowa zawartość krzemu w stopie. W tabeli 4 przedstawione są wartości statystyczne zmiennej losowej związanej z analizą procentowej zawartości krzemu w stopie dla zacisków typu 370/2 oraz 371/2.

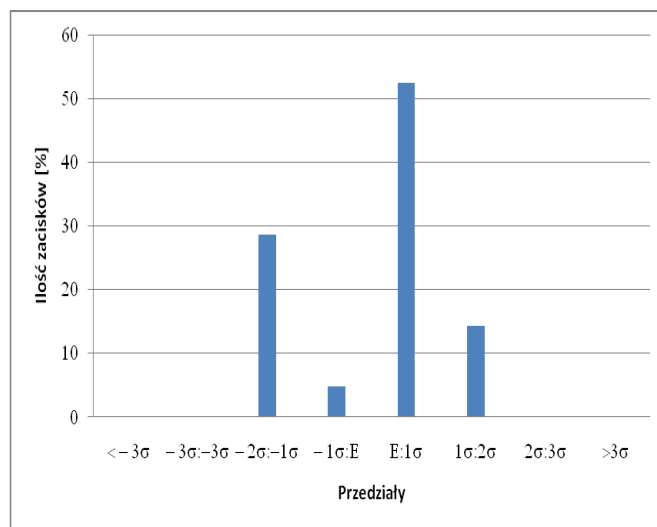
Tab.4. Analiza statystyczna procentowej zawartości krzemu w stopie

Typ zacisku	Wartość statystyczna				
	E [g/cm ³]	σ [g/cm ³]	Δ [g/cm ³]	σ/E [-]	Δ/E [-]
370/2	7,061	0,115	0,429	0,016	0,060
371/2	7,094	0,072	0,230	0,010	0,032

Na rysunku 8 pokazano rozkład statystyczny zawartości procentowej krzemu unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2, na rysunku 9 - dla zacisków typu 371/2.



Rys. 8. Rozkład statystyczny zawartości procentowej krzemu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2



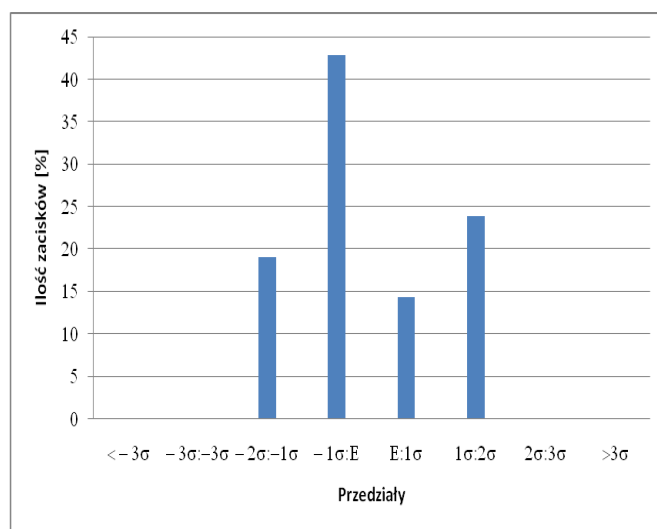
Rys. 9. Rozkład statystyczny zawartości procentowej krzemu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 371/2

Kolejnym analizowanym parametrem materiałowym była procentowa zawartość magnezu w stopie. W tabeli 5 przedstawione są wartości statystyczne zmiennej losowej związanej z analizą procentowej zawartości magnezu w stopie dla zacisków typu 370/2 oraz 371/2.

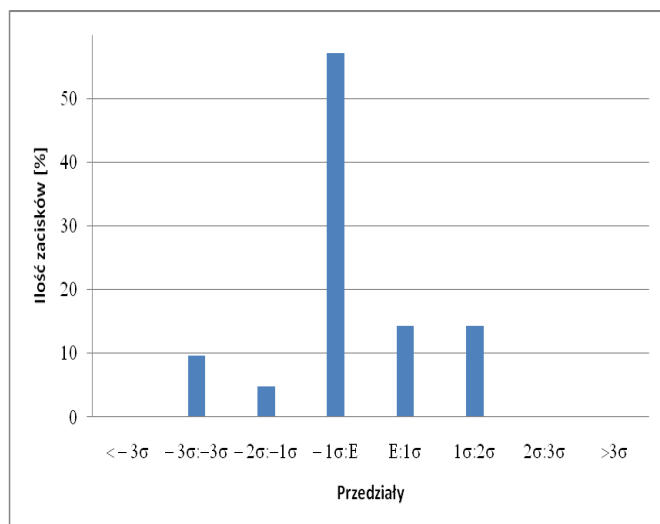
Tab. 5. Analiza statystyczna procentowej zawartości magnezu w stopie

Typ zacisku	Wartość statystyczna				
	E [g/cm ³]	σ [g/cm ³]	Δ [g/cm ³]	σ/E [-]	Δ/E [-]
370/2	0,473	0,012	0,040	0,025	0,084
371/2	0,471	0,011	0,040	0,022	0,085

Na rysunku 10 pokazano rozkład statystyczny zawartości procentowej magnezu unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2, na rysunku 11 - dla zacisków typu 371/2.



Rys. 10. Rozkład statystyczny zawartości procentowej magnezu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 370/2



Rys. 11. Rozkład statystyczny zawartości procentowej magnezu w stopie unormowany do odchylenia standardowego dla zacisków typu 371/2.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych można stwierdzić, że pomimo ciągłego procesu monitorowania procesu produkcji zacisków hamulców parametry materiałowe stopu, z którego zostały wykonane różnią się od siebie. Różnice te mogą mieć wpływ na parametry dynamiczne zacisków takiej jak ich częstotliwości drgań własnych [1].

BIBLIOGRAFIA

1. Bednarz J., *Analiza wpływu procesu produkcji zacisków hamulcowych na zmiany ich częstotliwości drgań własnych*, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 2016 nr 12, s. 807–816.
2. Montgomery D.C., Runger G.C., *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 347 John Wiley & Sons Inc., 2006.

Statistical analysis of material parameters of brake callipers

During the mass production of automotive parts, it is assumed that the dynamic parameters of generated elements are exactly the same. In fact, this is not true. The article presents statistical analysis of material parameters of brake callipers. Statistical analysis of material properties for the following material parameters is presented: material density, percentage of aluminum in the alloy, percentage of iron in the alloy, percentage of silicon in the alloy, percentage of magnesium in the alloy.

Autor:

dr inż. **Jarosław Bednarz** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Katedra Robotyki i Mechatroniki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: bednarz@agh.edu.pl

JEL: L62 **DOI:** 10.24136/atest.2018.093

Data zgłoszenia: 2018.05.22 **Data akceptacji:** 2018.06.15