

Elżbieta Bączek, Jerzy Danielak, Barbara Staniewicz-Budnik ¹⁾

BADANIA JAKOŚCI ŚCIERNIC W ASPEKTCIE ZGODNOŚCI Z WYMAGANIAMI BEZPIECZEŃSTWA

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki badań ściernic z elektrokorundu o spoiwie żywicznym, wzmocnionych siatką z włókniny pod względem bezpieczeństwa. Zostały one wykonane w ramach projektu inżynierskiego, w Instytucie Zaawansowanych Technologii Wytwarzania. Badania wytrzymałościowe narzędzi na rozrywanie pod względem siły odśrodkowej przeprowadzono na unikatowym stanowisku WRS 26, zaprojektowanym i wykonanym w IZTW. Korzyścią wynikającą z tych badań jest przede wszystkim większa konkurencyjność narzędzi posiadających certyfikat.

Słowa kluczowe: ściernice elektrokorundowe, metody badań, wytrzymałość na rozrywanie.

WSTĘP

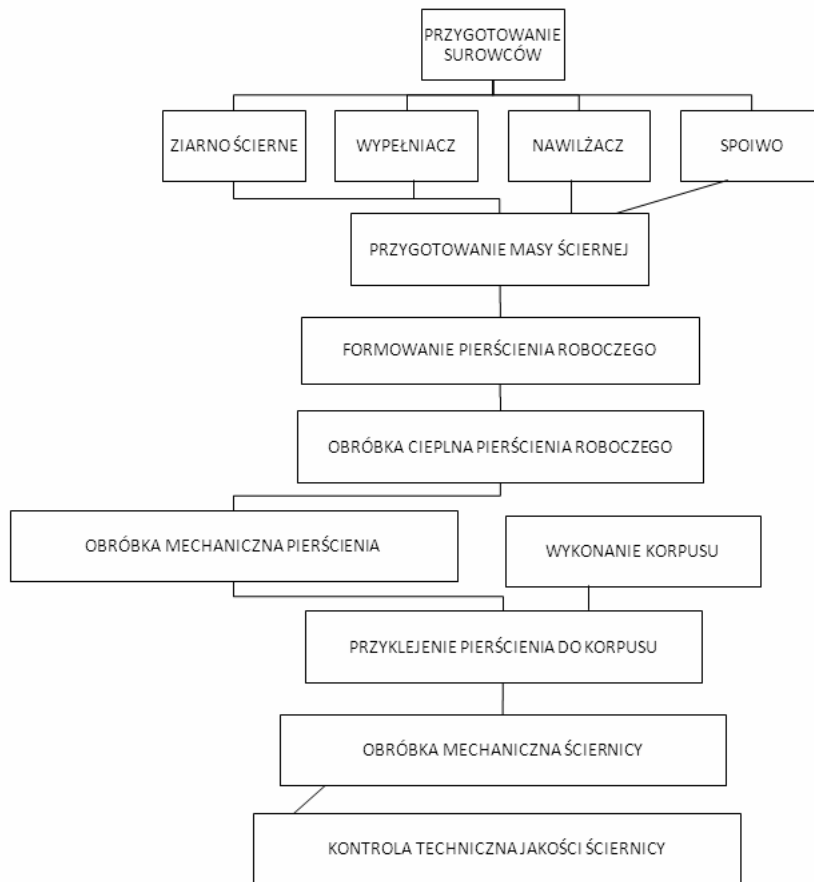
Proces technologiczny wytwarzania narzędzi ściernych obejmuje kilka czynności [4], takich jak: przygotowanie surowców, przygotowanie masy ścierniej zawierającej ziarno ściernie, spoiwo, modyfikatory i dodatki, przygotowanie korpusu, formowanie pierścienia roboczego, obróbkę cieplną pierścienia roboczego, obróbkę mechaniczną pierścienia, przyklejenie pierścienia do korpusu (w przypadku ściernic z korpusem), obróbkę mechaniczną ściernicy, oraz kontrolę techniczną jakości ściernicy. Ponieważ konwencjonalne narzędzia ściernie powinny być skonstruowane i wykonane w taki sposób, aby wytrzymały siły i obciążenia przewidywane podczas użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, to nie powinny wykazywać widocznych wad lecz spełniać wymagania podane w normie PN – EN 12413:2008. Poszczególne fazy procesów technologicznych wytwarzania narzędzi ściernych przedstawiono schematycznie na rysunku 1 [1].

W przypadku narzędzi ściernych supertwardych, poddawanych podczas operacji obróbkowych wysokim naprężeniom istotny jest dobór odpowiedniego współczynnika bezpieczeństwa oraz minimalnych prędkości obwodowych granicznych w zależności od typu szlifierki, sposobu szlifowania i maksymalnej prędkości roboczej. Powinny one również odpowiadać dodatkowym wymogom zawartym w normie PN – EN 13236:2003.

Zarówno konwencjonalne jak i supertwarde materiały ściernie, z których wykonywane są narzędzia ściernie muszą charakteryzować się określonymi właściwościami dostosowanymi zarówno do obrabianego materiału jak i rodzaju proce-

¹⁾ Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Kraków.

su. Właściwości te określa charakterystyka materiału ściernego oraz charakterystyka narzędzia [3, 4].



Rys. 1. Schemat procesów technologicznych wytwarzania narzędzi ściernych [1]

Fig. 1. The scheme of the technological processes of the abrasive tools manufacturing [1]

METODYKA BADAŃ

Badanie przeprowadzono w Instytucie Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie, w Laboratorium Badań Narzędzi Ściernych i polegało na weryfikacji zgodności wyrobu z wymaganiami bezpieczeństwa.

Do badania użyto 3 ściernic płaskich konwencjonalnych do przecinania typu 41 Ø230x2x22,2 95A 46 T BF INOX ze spoiwem żywicznym wzmocnionym siatką z włókniny, o wymiarach: średnica zewnętrzna $D = 230\text{mm}$, grubość warstwy ścierniczej $T = 2\text{mm}$, średnica otworu $H = 22,2\text{mm}$. Badane ściernice wykonane były z elektrokorundu 95A o wielkości ziarna 46, twardości T i przeznaczone

do pracy z podwyższonymi prędkościami $v = 80\text{m/s}$ przy maksymalnej prędkości roboczej 6650min^{-1} .

Przeprowadzone badania bezpieczeństwa obejmowały: cechowanie, weryfikację wymagań ogólnych, badania wielkości geometrycznych, badania niewyważenia statycznego, jak również badania wytrzymałości dynamicznej na rozrywanie przy podwyższonej prędkości obrotowej. Badanie wytrzymałościowe przeprowadzono na unikatowym stanowisku WRS 26 zaprojektowanym i wykonanym w IZTW [2].

Zgodnie z normą PN – EN 12413:2008 sprawdzenie elementów cechowania polegało na:

- sprawdzeniu miejsca cechowania,
- sprawdzeniu wyglądu etykiety związanej z narzędziem,
- sprawdzeniu wymiarów etykiety i kolorowych pasków,
- sprawdzeniu zawartości świadectw i atestów materiałowych zgodnie z oznakowaniem na etykiecie oraz sposobu określenia materiałów i charakterystyki własności fizykomechanicznych wg danych producenta,
- sprawdzeniu świadectw przeprowadzenia badania próbnej prędkości obwodowej, tj. miejsca przeprowadzenia tych badań, sposobu ich wykonania, sposobu mocowania i wartości próbnej prędkości obwodowej.

Weryfikacja wymagań ogólnych została przeprowadzona zgodnie z normą PN – ISO 525:2001 poprzez:

- kontrolę wzrokową, polegającą na sprawdzeniu ściernic ze względu na widoczne wady,
- określenie wzmocnienia ściernic materiałem włóknistym, w wyniku oględzin: ilości siatek zawartych w ściernicach, rodzaju splotu zastosowanego w siatce, rodzaju materiału siatki, rozmieszczenia wzmocnienia w ściernicach,
- określenie gęstości ρ [g/cm^3] i masy ściernicy m [g].

Kontrolę wymagań wymiarowych ściernicy wykonano poprzez pomiar:

- średnicy zewnętrznej D ,
- średnicy otworu H ,
- wysokości T .

Ponadto sprawdzono tolerancję wykonania ściernic $T_{H_{rzecz}} \leq T_H$, bicie promieniowe T_{br} [mm] i bicie osiowe T_{bo1} , T_{bo2} [mm], masę zastępczą niewyważenia statycznego m_{dop} [g] oraz niewyważenie statyczne $U_{dop} \leq U_p$.

Wymagania wytrzymałościowe weryfikowano na podstawie doboru odpowiedniego współczynnika bezpieczeństwa według PN – EN 12413:2008. Badanie wytrzymałości dynamicznej na rozrywanie ściernic obejmowało pomiar prędkości obrotowej rozerwania narzędzia oraz obliczenie prędkości obwodowej rozerwania. Było to badanie niszczące narzędzie pod działaniem siły odśrodkowej, wykonywane poprzez zwiększenie prędkości obrotowej badanego narzędzia. Podczas badania sprawdzano przy jakiej prędkości obwodowej v_{br} narzędzie ulega rozerwaniu i czy osiąga najmniejszą wymaganą prędkość graniczną $V_{br_{min}}$, jak również określano

największą zarejestrowaną prędkość obrotową n_{\max} . Podczas próby na wytrzymałość przy obciążeniu siłą odśrodkową, prędkość obrotową zwiększano w sposób ciągły do momentu rozerwania ściernicy, bądź też osiągnięcia największej oczekiwanej albo możliwej do uzyskania prędkości obrotowej. Prędkość obrotową mierzono z dokładnością $<\pm 1\%$. Z wartości prędkości obrotowej n_{br} , przy której nastąpiło rozerwanie próbki lub z wartości największej zmierzonej prędkości obrotowej n_{\max} , podczas której próbka nie uległa zniszczeniu oraz z wielkości średnicy zewnętrznej ściernicy D obliczono prędkość obwodową rozerwania v_{br} , [m/s], zgodnie ze wzorem [7]:

$$v_{br} = \frac{\pi \cdot D_{sr} \cdot n_{br}}{60 \cdot 10^3} \quad (1)$$

gdzie:

D_{sr} – wartość średnia średnicy zewnętrznej ściernicy, mm,

n_{br} – prędkość obrotowa rozerwania ściernicy, obr./min.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki końcowe badań są zapisem danych charakterystycznych zawartych na etykietach przedstawionych do badań narzędzi ściernych.

Tabela 1. Poprawność cechowania ściernic typu 41 Ø230x2x22,2 95A 46 T BF INOX
Table 1. Correctness of marking the grinding cut-off wheels of type 41 Ø230x2x22,2 95A 46 T BF INOX

Sprawdzenie cechowania	Wymagania	Wynik badania
Sprawdzenie miejsca cechowania	na wyrobie lub etykiecie związanej z wyrobem	na etykiecie
- kolorowy pasek	czerwony	Czerwony
- szerokość paska	5÷20 mm	13,4 mm
Sprawdzenie cechowania:		
- symbol kształtu	41	41
- kolejność podawania wymiarów	$D \times U \times H...$	$D \times U \times H$
- średnica zewnętrzna	230	230
- wysokość	≤ 4	2
- średnica otworu	22,23	22,23
- kolejność podawania oznaczeń własności fizykomechanicznych	np. A30R BF	A46 T BF
- rodzaj ścierniwa	A- elektrokorund	A
- wielkość ziarna	24	46
- twardość	E	T
- spoiwo	BF – żywiczne, wzmocnione	BF
- dopuszczalna prędkość robocza (obwodowa) v_s	max. 80 m/s	80 m/s
- maksymalna prędkość obrotowa ściernicy n_s	6.600 obr./min, RPM, 1/min	6.600 1/min
- deklaracja zgodności	EN 12413	ISO 9001:2008 EN 12413
- ograniczenie stosowania	niedozwolone szlifowanie boczne	tylko do cięcia oraz 6 szt. znaków informacyjnych
- data produkcji	+	Data ważności V 09/2013
- zastosowanie	+	INOX

Dla ściernic typu 41 Ø230x2x22,2 95A 46 T BF INOX wyniki badania poprawności cechowania przedstawiono w tabeli 1, badania wymagań ogólnych ściernic w tabeli 2, a dokładność wymiarowo-kształtową zestawiono w tabeli 3. Z kolei tabela 4 zawiera wyniki pomiaru dopuszczalnego niewyważenia ściernic, a tabela 5 wytrzymałości dynamicznej na rozerwanie. Sprawdzenie tolerancji wykonania zestawiono w tabeli 6.

Tabela 2. Wyniki badań wymagań ogólnych ściernic

Table 2. The results of examination the grinding wheels general requirements

Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego	Wymagania	Wynik badania
- barwa ściernicy	jednolita	jednolita.
- wymiary siatki wzmacniającej	X×Y×Z	0,8×4,15×4,4, mm
- ilość siatek	-	2
- rodzaj splotu	plócienny, panama, obtaczany (skręcony)	splot panama
sprawdzenie pęknięć	niedopuszczalne	brak
uszkodzenia	-	brak
Sprawdzenie gęstości i masy	Wymagania	Wynik pomiaru
- gęstość r , g/cm ³	- gęstość – średnia, wg przeprowadzonych obliczeń 1,78 g/cm ³	śc. 1 – 1,75 śc. 2 – 1,82 śc. 3 – 1,77
- masa, g	- masa – średnia, wg przeprowadzonych pomiarów 188,6 g	śc. 1 – 189,2 śc. 2 – 186,4 śc. 3 – 190,2

Tabela 3. Dokładność wymiarowo-kształtowa ściernic typu 41

Table 3. The grinding wheels of type 41 dimensional and shape accuracy

Sprawdzenie wymiarów	Wymagania	Wynik pomiaru
- średnica zewnętrzna D , mm	230 _{-0,1} ^{+0,5} mm	śc. 1 – 229,7 śc. 2 – 229,2 śc. 3 – 229,2
- wysokość T , mm	2 _{-0,3} ^{+0,3} mm	śc. 1 – 2,6 śc. 2 – 2,5 śc. 3 – 2,6
- średnica otworu H , mm	22,23 ₀ ^{+0,16} mm	śc. 1 – 22,53 śc. 2 – 22,45 śc. 3 – 22,53

Tabela 4. Wyniki pomiaru dopuszczalnego niewyważenia ściernic typu 41

Table 4. The grinding wheels of type 41 permissible unbalance measurement results

Sprawdzenie dopuszczalnego niewyważenia	Wymagania	Wynik pomiaru
- masa zastępcza niewyważenia m_2 , g - dla $k = 0,20$	2,75 g	śc. 1 – 1,30 śc. 2 – 1,60 śc. 3 – 1,47

Tabela 5. Wyniki badania wytrzymałości dynamicznej na rozerwanie

Table 5. The results of the grinding wheels bursting strength tests

Sprawdzenie wytrzymałości dynamicznej na rozerwanie dla $v_s = 80$ m/s	Wymagania dla $S_{br} = 3,5$	Wynik pomiaru
- najniższa prędkość obwodowa rozerwania v_{br} , m/s	150	śc. 1 – 167,1 śc. 2 – 182,1 śc. 3 – 175,2
- wymagana, najmniejsza prędkość obrotowa rozerwania n_{brmin} , obr/min	12.500	śc. 1 – 13900 śc. 2 – 15185 śc. 3 – 14607
Sbr – współczynnik bezpieczeństwa ze względu na rozerwanie pod wpływem siły odśrodkowej.		

Tabela 6. Wyniki sprawdzenia tolerancji wykonania ściernic

Table 6. The results of examination the grinding wheels manufacturing tolerances

Sprawdzenie tolerancji wykonania	Wymagania	Wynik pomiaru
- tolerancja bicia promieniowego T_{br} , mm	1,0 mm	śc. 1 – 0,56 śc. 2 – 0,15 śc. 3 – 0,60
- tolerancja bicia osiowego $T_{bo/s}$, mm	1,0 mm	śc. 1 – 0,26 śc. 2 – 0,55 śc. 3 – 0,16
- tolerancja bicia osiowego $T_{bo/l}$, mm	1,0 mm	śc. 1 – 0,65 śc. 2 – 0,58 śc. 3 – 0,07
- nierównoległość T_n , mm	0,3 mm	śc. 1 – 0,20 śc. 2 – 0,29 śc. 3 – 0,16

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań ściernic typu 41 Ø230x2x22,2 95A 46 T BF INOX na zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa w Laboratorium Badań Narzędzi Ściernych, w IZTW stwierdzono, że:

- ściernice wykazały zgodność z wymaganiami poprawności cechowania oraz z wymaganiami ogólnymi,
- dopuszczalne niewyważenie i nierównoległości powierzchni czołowych ściernic było w granicach tolerancji wykonania,
- w zakresie wymagań geometrycznych ściernice wykazały niezgodność, co skłania do podjęcia dalszych działań korygujących, mających na celu zatwierdzenie zgodności wyrobów z wymaganiami bezpieczeństwa.

Szczególna precyzja wykonania narzędzi ściernych przyczynia się do poprawności ich wykonania w zakresie wymagań geometrycznych oraz zatwierdzenia zgodności tych wyrobów z wymaganiami bezpieczeństwa.

PIŚMIENNICTWO

1. Kajino H., Ichida Y., Sato R., Kiminami H.: Enhancement of Grinding Performance Based on Improvement of Uniformity in Structure in Vitrified Bonded cBN Wheels. Materiały konferencyjne z konferencji organizowanej przez American Society for Precision Engineering. 26 – 31.10.2003, Portland, Oregon.
2. Danielak J., Wilk W., Mielnicki W., Kowalczyk A., Bączek E.: Badania narzędzi obrotowych pod kątem bezpieczeństwa. Agenda Wydawnicza SIMP. Warszawa, 2011. Mechanik, nr 2/2011, s. 106 – 110.
3. Staniewicz – Brudnik B.: Ściernice z regularnego azotku boru ze spoiwem ceramicznym – nowe możliwości w obróbce ścierniej. Agenda Wydawnicza SIMP. Warszawa, 2010. Mechanik, nr 8 – 9/2010, s. 576 – 577.
4. Jankowski E., Skupiński S.: Materiały i wyroby ściernie. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne. Warszawa, 1971.

THE INVESTIGATION OF QUALITY OF ROTARY GRINDING WHEELS IN ASPECT OF COMPATIBILITY WITH SAFETY REQUIREMENTS

Summary

In the paper it has been presented the research results of terms of safety of the rotary grinding wheels with resin bond reinforced by fibers network which was carried out in the frame of engineering project, at the Institute of Advanced Manufacturing Technology. The investigation of the tools strength in terms of the centrifugal force were carried out on the unique stands of WRS 26, designed and built in the IZTW.

The advantages of this research-tests is better competitiveness of the tools with certificate.

Keywords: electrocorundum abrasive wheels, research tests, strength in terms of the centrifugal force.