

WPŁYW OBRÓBKİ WYKOŃCZENIOWEJ ZĘBA KULTYWATORA NA ZUŻYCIE ZMĘCZENIOWE

Radosław Patyk, Leon Kukielka

Katedra Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów, Politechnika Koszalińska

Streszczenie. Praca dotyczy badania wpływu wybranych obróbek wykończeniowych powierzchni lekkiego sprężystego zęba kultywatora na zużycie zmęczeniowe. W pracy przedstawiono możliwości modyfikacji dotychczasowego procesu wytwarzania zębów kultywatora. Przeprowadzone modyfikacje miały na celu podwyższenie czasu poprawnej pracy analizowanej części. W celu sprawdzenia poprawności zaproponowanych rozwiązań przeprowadzono badania eksperymentalne.

Słowa kluczowe: wytrzymałość zmęczeniowa, obróbki wykończeniowe, kulowanie, szlifowanie

Wprowadzenie

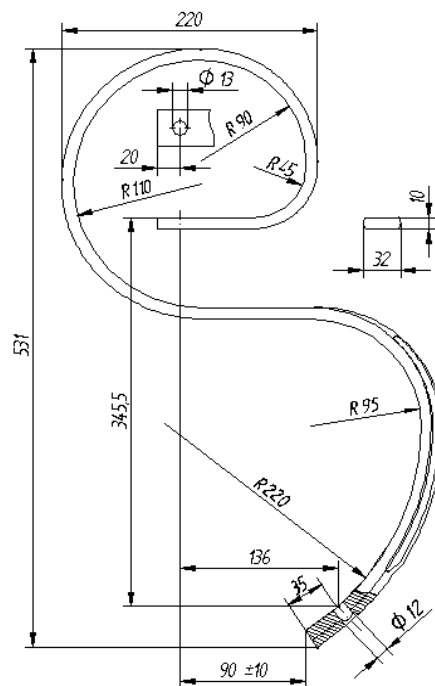
Jednym z narzędzi rolniczych doprawiających rolę jest kultywator. Służy on do głębszego spulchniania gleby bez jej odwracania, intensywnego mieszania gleby, niszczenia chwastów nasiennych oraz wydobywania chwastów rozłogowych. Częściami roboczymi kultywatorów są zęby, które mogą być sprężynowe, półsztywne lub sztywne. Zęby mogą być zaopatrzone w redliczki lub gęsiostopki. W pracy badano wpływ technologii wytwarzania zębów sprężynowych na ich trwałość. Zęby sprężynowe ciągle drgają w czasie pracy, dlatego szczególnie nadają się do intensywnego kruszenia i mieszania gleby oraz wydobywania rozłogów chwastów tj. perzu. Ze względu na rodzaj pracy zęby muszą być szczególnie odporne na wielokrotne zginanie, a jednocześnie charakteryzować się dużą odpornością na ścieranie i korozję. Problem pękania zębów kultywatora ma bardzo ścisły związek z technologią wytwarzania, warunkami pracy, wpływem korozji oraz wadami fabrycznymi.

Dotychczasowa technologia wytwarzania

Przedmiotem analiz jest lekki, sprężynowy ząb kultywatora. Konstrukcję analizowanej części przedstawiono na rysunku 1.

Ząb kultywatora wykonywany jest ze stali sprężynowej 51Si7 (50S2) przeznaczonej do ulepszania cieplnego. Materiałem wyjściowym jest płaskownik 10 mm x 32mm (według PN-74/H-84032), który jest walcowany na gorąco z pręta okrągłego do postaci płaskownika (rys.2 a). Po przecięciu na odpowiednie długości i wykrawaniu otworów (rys. 2 b), płaskowniki zostają podgrzane do temperatury ok. 870°C i nadany zostaje im ostateczny

kształt zęba (rys. 2 c). Nagrzewanie wykonuje się metodą oporową tj. poddaje się działaniu prądu o wysokim natężeniu, dzięki temu bardzo łatwo jest sterować temperaturą i prędkością nagrzewania. Hartowanie odbywa się w wodzie o temperaturze utrzymywanej w granicach $35\div 40^{\circ}\text{C}$. Po zahartowaniu i całkowitym ostygnięciu (tj. oziębieniu do temp. otoczenia) następuje odpuszczanie w temperaturze ok. 460°C przez czas 20 minut (rys. 2 d). Po całkowitym ostygnięciu następuje malowanie gotowych elementów (rys. 2 e). Twardość materiału zębów po cyklu produkcyjnym zawiera się w przedziale od 40 do 49 HRC. Dzięki takiemu procesowi technologicznemu każdy z zębów powinien sprostać wymaganiom stawianym przez normę PN-92/R-58051-1. Szczegóły dotyczące wymagań kontroli jakości przedstawiono w publikacji [Patyk, Kukielka 2009.]. Przy przedstawionej tradycyjnej technologii wytwarzania zębów sprężynowych średnia liczba cykli wychyleń zębów na laboratoryjnym stanowisku badawczym przedstawionym w publikacji [Patyk, Kukielka 2009] wynosi 468 660. Od wyrobu wymaga się, aby poprawiać jego jakość użytkową tzn. w tym przypadku wydłużyć liczbę możliwych wychyleń przy jednocześnie możliwych niewielkich nakładach finansowych. W publikacji [Patyk, Kukielka 2009] przeprowadzono badania eksperymentalne zębów kultywatora symulujące ich wielokrotne znormalizowane wychylenia w celu stwierdzenia miejsc i przyczyn ich pękania.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Rysunek konstrukcyjny lekkiego sprężynowego zęba kultywatora
Fig. 1. Structural drawing showing lightweight elastic cultivator tine



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Zestawienie faz produkcji lekkich sprężynowych zębów kultywatora: a) materiał, b) ciecie na wymiar oraz dziurkowanie otworów, c) gięcie, nagrzewanie i hartowanie, d) odpuszczanie, e) malowanie [Opracowanie własne]

Fig. 2. Specification of production stages for lightweight elastic cultivator tines: a) material, b) cutting to size and hole punching, c) bending, heating and hardening, d) tempering, e) painting

Z przeprowadzonych badań wynikało jednoznacznie, że główną przyczyną pękania lekkich sprężynowych zębów kultywatora było zużycie zmęczeniowe. Rozróżnia się dwa rodzaje zużycia zmęczeniowego: zużycie zmęczeniowe powierzchniowe związane z jako-

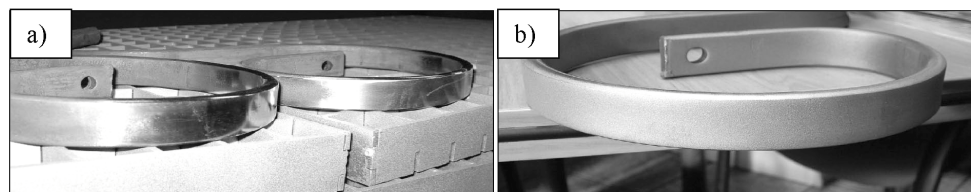
ścią powierzchni i występowaniem na niej mikrokarbów oraz zużycie zmęczeniowe postaciowe (ognisko pęknięcia znajduje się pod powierzchnią) związane raczej z naciskami kontaktowymi oraz stanem naprężeń w warstwie wierzchniej wyrobu. Wyniki badań jednoznacznie wskazywały, że aby zwiększyć liczbę możliwych wychyleń zęba należałoby tradycyjny proces wytwarzania uzupełnić o dodatkową obróbkę lub obróbki wykończeniowe, które znacząco poprawiłoby jakość technologiczną warstwy wierzchniej wyrobu a jednocześnie jakość użytkową części [Patyk, Kukielka 2009; Szyk, Patyk, Kukielka 2010].

Propozycje zmian w dotychczasowym procesie wytwarzania

Obróbki wykończeniowe mają na celu poprawę jakości powierzchni bez zmian kształtu i wymiaru. Tradycyjną technologią wykończeniową jest obróbka ubytkowa poprzez szlifowanie wykończeniowe, polerowanie lub docieranie. Obróbki te są powszechnie znane i łatwo dostępne jednakże mają kilka wad np. długi czas obróbki, możliwość powstawania przypaleń oraz wprowadzają niekorzystne naprężenia rozciągające w warstwę wierzchnią wyrobu. Ciągłe niekonwencjonalną (pomimo braku wad obróbek ubytkowych) technologią obróbki wykończeniowej są obróbki bezubytkowe (powierzchniowa obróbka plastyczna). Ze względu na kształt i gabaryty zęba analizowano proces dynamicznej powierzchniowej obróbki plastycznej na zimno (kulowanie). Kulowanie wprowadza korzystne ściskające naprężenia w warstwę wierzchnią wyrobu oraz może poprawiać jakość powierzchni [Bartosik, Szyk, Kukielka 2009]. Z wcześniejszych analiz [Patyk, Kukielka 2009.] wynikało, że badane zęby pękają w górnej części, zatem tylko na tych powierzchniach przeprowadzono dodatkowe obróbki wykończeniowe. Zaproponowano zastosowanie dwóch odmiennych obróbek. W pierwszym przypadku przeprowadzono obróbkę ubytkową (szlifowanie i polerowanie), w drugim przypadku powierzchnie kulowano.

Szlifowanie i polerowanie. Powierzchnie zewnętrzne szlifowano szlifierką taśmową o granulacji papieru 120 oraz polerowano na walcu z filcu wełnianego pokrytego pastą polerską o ziarnistości SIC 600. Powierzchnia wewnętrzna ze względu na utrudniony dostęp, oraz konieczność wykorzystania małego narzędzia szlifowana była ściernicą walcową z włókniny scotch-brite cut&polish, która łączy w sobie zalety obydwu narzędzi użytych do szlifowania powierzchni zewnętrznych. Uzyskiwane chropowatości powierzchni po tych obróbkach oceniane były przy pomocy porównawczych wzorców chropowatości. Stwierdzono, że wysokość chropowatości według dziesięciu punktów wynosi $R_z=2\text{ }\mu\text{m}$. Górne powierzchnie zębów po szlifowaniu i polerowaniu przedstawiono na rysunku 3a.

Kulowanie wykonano przy użyciu kulownicy pneumatycznej, kulkami stalowymi o średnicy 2 mm i dyszy o średnicy 6 mm. Aby zachować możliwie jednakowe i porównywalne odkształcenia plastyczne na każdej powierzchni zęba, ustalono jednakowy czas kulowania na danej powierzchni wynoszący 30 sekund, oraz odległość wylotu dyszy od powierzchni wynoszącą około 30 cm. Chropowatość powierzchni po obróbce wynosiła $R_z=30\text{ }\mu\text{m}$. Powierzchnie po obróbce przedstawiono na rysunku 3b.



Rys. 3. Powierzchnie po obróbce: a) szlifowaniem i polerowaniem, b) kulowaniem
Fig. 3. Surfaces after working: a) by grinding and polishing, b) by shot peening

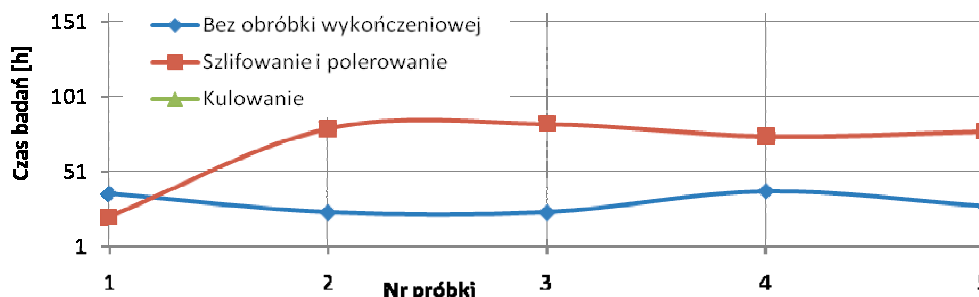
Badania eksperymentalne procesu zmęczenia zęba kultywatora

Badania eksperymentalne procesu zużycia zmęczeniowego zębów kultywatora przeprowadzono na stanowisku przedstawionym w pracy [Patyk, Kukielka 2009].

Warunki badań oraz wymuszenia i nastawiane parametry pracy urządzenia badawczego są identyczne z warunkami opisanymi w pracy [Patyk, Kukielka 2009]. Wyniki badań zestawiono w tabeli 1 oraz na wykresie (rys. 4).

Tabela 1. Zestawienie wyników badań odporności na zużycie zmęczeniowe
Table 1. Comparison of test results concerning resistance to fatigue wear

Rodzaj obróbki	Czas badań [h]	Wartość średnia [h]	Liczba cykli	Średnia liczba cykli
Bez obróbki wykończeniowej Rz=15 µm	36,5	30,1	564900	2343300
	24		374400	
	24		374400	
	38		592800	
	28		436800	
Szlifowanie i polerowanie Rz=2 µm	21	67,4	327600	1051440
	80		1248000	
	83		1294800	
	75		1170000	
	78		1216800	
Kulowanie Rz=30 µm	168	168	>440294400	>440294400
	168		>440294400	
	168		>440294400	
	168		>440294400	
	168		>440294400	



Rys. 4. Czas mierzony do pęknięcia zęba na laboratoryjnym stanowisku badawczym

Fig. 4. Time measured to tine cracking at the laboratory test stand

Podsumowanie

Zaproponowane rozwiązania w postaci zastosowania dodatkowych operacji technologicznych znacząco wpłynęły na zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej części. Dla przypadku zastosowania obróbki ubytkowej uzyskano około dwukrotny wzrost czasu poprawnej pracy natomiast po zastosowaniu kulowania proces badania przerywano po siedmiu dobach dla każdej próbki nie stwierdzając pęknięcia zmęczeniowego.

Chropowatość powierzchni po kulowaniu jest dużo wyższa niż po obróbce szlifowaniem, co jest niekorzystne. Jednakże osiągnięty stan naprężeń po tej obróbce spowodował znaczący wzrost odporności na zużycie zmęczeniowe.

Realizacja zaproponowanej technologii nie powoduje znaczącego wzrostu kosztu wytwarzania zębów, gdyż oparta jest na standardowych maszynach i urządzeniach. Zapewnienie odpowiedniej jakości wytwarzania zębów wymaga jednak wprowadzenia automatyzacji procesów.

Bibliografia

- Bartosik P., Szyk M., Kukielka L. 2009. Analiza możliwości sterowania rozkładem naprężeń wynikowych w warstwie wierzchniej zęba kultywatora po kulowaniu w aspekcie wytrzymałości zmęczeniowej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(118). s. 7-14.
- Patyk R., Kukielka L. 2009. Prognozowanie wytrzymałości zmęczeniowej zęba kultywatora z wykorzystaniem metod numerycznych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9 (118). s. 181-187.
- Szyk M., Patyk R., Kukielka L. 2010. Komputerowe modelowanie i symulacja zjawisk fizycznych w procesie kulowania zęba sprężynowego kultywatora. *Jurnal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol.55(1). s. 106-109.

THE IMPACT OF CULTIVATOR TINE FINISHING ON ITS FATIGUE WEAR

Abstract. The work concerns the examining of the impact of selected finishing processes carried out on the surface of lightweight elastic cultivator tine on its fatigue wear. The work presents the possibilities of modifying current cultivator tine production process. The implemented modifications were aimed at increasing correct operation time for the analysed part. Experimental studies were carried out in order to verify correctness of the proposed solutions.

Key words: fatigue strength, finishing, shot peening, grinding

Adres do korespondencji:

Radosław Patyk; e-mail: radoslaw.patyk@tu.koszlin.pl
Katedra Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów
Politechnika Koszalińska
ul. Raławicka 15-17
75-620 Koszlin