

Praca nr 1

Analiza wpływu parametrów technologicznych nagniatania ślizgowego poprzez przepychanie na jakość technologiczną tulei stalowych

W pracy przedstawiono charakterystykę sposobów nagniatania, którego używa się do polepszenia powierzchni oraz nadawanie kształtu warstwy wierzchniej materiału. Opisano również podstawy fizyczne i skutki użytkowe obróbki nagniataniem. Wyjaśniono, fizyczny model nagniatania tocznego oraz opisano zjawisko umocnienia warstwy. W ostatnim rozdziale teoretycznym zostały poruszone zagadnienia dotyczące wpływu parametrów nagniatania ślizgowego na jakość technologiczną wyrobu takie jak krotność obciążenia, posuw oraz promień zaokrąglenia narzędzia.

W części badawczej pracy przedstawiono zakres czynności wykonanych podczas przeprowadzonego badania próbek. Wykonane czynności obejmowały przygotowanie nagniataków trzpieniowych do badań, przygotowanie tulei poprzez toczenie, przygotowanie konstrukcji mocowania próbek, pomiar twardości HV, przeprowadzenie nagniatania ślizgowego poprzez przepychanie, pomiary sił podczas obróbki, pomiary chropowatości przed i po przeprowadzeniu nagniatania. Równocześnie przedstawiono wyniki badań, które osiągnięto w całej części badawczej.

Celem pracy była analiza wpływu parametrów technologicznych na chropowatość oraz zmianę średnicy wewnętrznej po obróbce nagniatania ślizgowego poprzez przepychanie trzema nagniatakami trzpieniowymi o różnych średnicach roboczych przy zastosowaniu trzech różnych wcisków. Materiały użyte do wykonania próbek to stal konstrukcyjna S235JR oraz stal odporna na korozję 316L.

Znajomość znaczenia stanu warstwy wierzchniej, a w szczególności jej znaczącego wpływu na właściwości eksploatacyjne, pozwoliła na rozłożenie całego obszaru technologii w ramach tzw. obróbki gładkościowej wzmacniającej. Ten rodzaj obróbki nadaje obrabianym elementom korzystne właściwości, np. zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej, uzyskanie wysokiej gładkości powierzchni oraz zwiększenie mikrotwardości warstwy wierzchniej.

Obróbka gładkościowa i wzmacniająca przedstawia szereg wariantów nagniatania. Jakość obrabianego produktu silnie zależy od określenia dokładnej wartości parametrów technologicznych. Umiejętność doboru odpowiednich parametrów do precyzyjnego procesu wypalania jest podstawą prawidłowego zaprojektowania procesu technologicznego. Parametry nagniatania tocznego, które często wpływają na właściwości warstwy wierzchniej podczas

nagniatania to: posuw i prędkość wałka nagniatającego, siła nacisku, warunki smarowania w strefie obrabianej oraz liczba przejść.

W pracy przedstawiono charakterystykę sposobów nagniatania takie jak polepszenie powierzchni oraz nadawanie kształtu warstwy wierzchniej. W drugim rozdziale opisane zostały podstawy fizyczne i skutki użytkowe obróbki nagniataniem. W rozdziale trzecim przedstawiono wpływ parametrów nagniatania ślizgowego na jakość technologiczną wyrobu. Rozdział czwarty zawiera opis części badawczej pracy. Określono wpływ wielkości wcisku na jakość powierzchni wewnętrznej tulei wykonanych ze stali S235JR oraz 316L. Wykonano przygotowanie tulei do obróbki nagniataniem ślizgowym, pomiar twardości HV, obróbkę nagniataniem ślizgowym poprzez przepychanie, pomiary chropowatości przed oraz po przeprowadzeniu obróbki. Przedstawiono również wyniki badań, które osiągnięto w całej części badania.

Celem przeprowadzenia badań jest zbadanie wpływu wcisku oraz nagniataków trzpieniowych NT o różnych średnicach ($\varnothing 16,8$ mm, $\varnothing 21,9$ mm, $\varnothing 26,8$ mm) na zmianę chropowatości oraz średnic wewnętrznych tulei ze stali nierdzewnej 316L oraz stali konstrukcyjnej 235JR.

Przebieg badań:

1. Przygotowanie nagniataków trzpieniowych do badań.
2. Przygotowanie tulei do badań poprzez toczenie.
3. Przygotowanie konstrukcji unieruchomienia tulei.
4. Pomiar twardości metoda Vickers'a.
5. Pomiary chropowatości tulei wewnątrz przed przepychaniem.
6. Przeprowadzenie obróbki nagniatania poprzez przepychanie.
7. Nagniatanie Tulei 1-9 ze stali 316L.
8. Nagniatanie Tulei 1-9 ze stali S235JR.
9. Pomiary sił podczas przepychania.
10. Pomiary chropowatości tulei po nagniataniu.

Wyniki badań:

Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki oraz obliczone średnie tych wyników dostrzeżono pewne zależności. Parametr R_t zmierzony po obróbce nagniataniem w każdym przypadku miał niższą wartość niż przed obróbką. Średnio, przy dwóch rodzajach materiału, obniżenie było dwukrotne przy każdorazowym zastosowaniu różnych wcisków. Wartości parametru R_t w przypadku stali S235JR przed obróbką były znacznie większe, ale za to spadek wartości R_t w stosunku przed i po był znacznie większy. Jeśli chodzi o zachowanie parametru R_{max} wygląda

to tak samo jak w przypadku parametru R_t . Parametr R_z generalnie zachowuje się jak powyższy parametr R_t , tylko z tą różnicą, że osiąga niższe wartości. Skupiając się na wartości R_a , która jest ogólnie uznanym wskaźnikiem chropowatości dostrzeżono dość spodziewane efekty. Obróbka nagniataniem ślizgowym poprzez przepchanie w przybliżeniu 90% sytuacji obniżyła parametr R_a w dość zauważalnym stopniu. W przypadku parametru R_p zachodzi zmiana jak w poprzednich opisywanych parametrach. Występuję znaczne obniżenie parametru chropowatości R_p . W przypadku próbek ze stali konstrukcyjnej S235JR zachodzi znacznie większa różnica w odniesieniu stanu przed i po. Przy parametrze R_{sm} zmiany można uznać za pomijalne, gdyż różnice oscylują na poziomie części setnych, czy też tysięcznych. R_{pk} to wartość, która charakteryzuje górną część powierzchni. Ta część całego profilu chropowatości ma najpierw kontakt z innymi powierzchniami, dlatego powinna być wartość ta jak najniższa. Biorąc pod uwagę wartości, to obróbka nagniataniem zmniejsza ten parametr do pewnego rodzaju obszaru granicy, niezależnie od wartości początkowej. Parametr R_k , który dotyczy krzywej materiałowej, tak jak wcześniejsze parametry, miał przebieg podobny do przebiegu parametru R_{pk} – nagniatanie sprowadza ten parametr do granicy w miarę podobnej do siebie bez większego względu na wartości początkowe. Wartość R_{vk} ma za zadanie osiągnąć jak największą liczbę gdyż parametr ten jest miarą zdolności utrzymywania smaru we wgłębieniach. W większości przypadków wartość tego parametru rośnie po obróbce, albo jest mniej więcej na tym samym poziomie. Jest to pozytywny wzrost wartości, gdyż przy ulepszeniu powierzchni, ulepsza się także zdolność do utrzymywania smaru przez powierzchnię. Wartości parametru M_{r1} po obróbce są dwukrotnie niższe niż sprzed obróbki. M_{r2} jest parametrem, który swoje wartości po przeprowadzeniu obróbki zmalały w większym lub mniejszym stopniu. $R_{mr(0,1)}$, tak jak inne parametry, zachował ten sam przebieg wartości. Jednocześnie wszystkie te wartości były w dużym stopniu poniżej wartości wyjściowych, ale zauważalny był także wpływ wartości sprzed obróbki.

Podsumowanie

W pracy, na podstawie analizy literaturowej i badań własnych przedstawiono, jaki wpływ ma parametr wcisku podczas nagniatania ślizgowego poprzez przepchanie ze stali odpornej na korozję 316L oraz stali konstrukcyjnej S235JR. W pierwszym rozdziale omówiono charakterystykę sposobów nagniatania takie jak: umocnienie warstwy wierzchniej i nadawanie kształtu warstwy zewnętrznej. W rozdziale drugim przedstawiono podstawy fizyczne oraz skutki użytkowe obróbki nagniataniem. W kolejnym rozdziale opisano wpływ parametrów nagniatania ślizgowego na jakość technologiczną produktu. W rozdziale ostatnim opisano badania własne, które wykonano w oparciu o poprzednie rozdziały. Celem badań własnych

było określenie wpływu wcisku oraz nagniataków trzpieniowych NT o różnych średnicach ($\text{Ø}16,8 \text{ mm}$, $\text{Ø}21,9 \text{ mm}$, $\text{Ø}26,8 \text{ mm}$) na zmianę chropowatości oraz średnic wewnętrznych tulei stalowych S235JR oraz 316L po nagniataniu ślizgowym poprzez przeciąganie trzema nagniatakami trzpieniowymi oraz dla trzech różnych wcisków.

Po przeprowadzeniu nagniatania tulei ze stali S235JR stwierdzono następujące wnioski:

- siły potrzebne do przeprowadzenia nagniatania ślizgowego poprzez przepychanie były niższe w 98% próbek niż w przypadku obróbki tulei ze stali 316L,
- wartości parametru R_a osiągnęły większe różnice w porównaniu do drugiej grupy próbek,
- w 2/3 przypadkach wartości R_a zmniejszyły się znacznie w stosunku do wzrostu wcisku,
- przy tej grupie próbek zaszły mniejsze odkształcenia sprężyste, co zaowocowało większymi średnicami wewnętrznymi po obróbce niż w przypadku drugiej grupy próbek,
- wyniki R_a przy próbkach oprócz T21,4 oraz T26,3 osiągnęły zakres między 6, a 7 klasą chropowatości ($R_a \approx 2,35 \mu\text{m}$).

Po przeprowadzeniu nagniatania tulei ze stali 316L stwierdzono następujące wnioski:

- siły potrzebne do przeprowadzenia nagniatania ślizgowego poprzez przepychanie były wyższe w 98% próbek niż w przypadku obróbki tulei ze stali S235JR,
- w większości najlepsze wartości parametrów chropowatości zostały uzyskane przy zastosowaniu średniego wcisku,
- średnice wewnętrzne próbek po nagniataniu ślizgowym poprzez przepychanie były większe, co spowodowało większe odkształcenia sprężyste,
- wyniki R_a przy próbkach od T21,4 do T26,5 osiągnęły zakres między 8, a 9 klasą chropowatości ($R_a \approx 0,51 \mu\text{m}$). Uzyskane wartości chropowatości wykazały dobrą zgodność z zaleceniami technologicznymi dla obróbki wykończeniowej.

Obrabianie metali takich jak stal odporna na korozję 316L, czy stali konstrukcyjnej S235JR jest możliwa do takiego poziomu, aby osiągnąć bardzo dużą gładkość, co może wpłynąć wysoką odpornością na ścieranie. Możliwe jest również uzyskanie wysokiej jakości powierzchni przy zachowaniu odporności na korozję. Przy każdym pomiarze zawsze są błędy pomiarowe, które wpływają na odczyt pomiaru. Brak ruchu obrotowego próbki, czy też narzędzia przyczyniają się do powstawania rys, szczelin wzdłuż pracującego nagniataka, które są efektem niepożądanym.