

Urządzenie do umacniania kół zębatych, zwłaszcza o zębach skośnych

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do umacniania kół zębatych zwłaszcza o zębach skośnych, które przeznaczone jest do końcowej obróbki kół zębatych w celu nadania im wyższej odporności na zmęczeniowe złamanie zębów. Urządzenie jest predystynowane zwłaszcza do obróbki kół zębatych o zębach skośnych (inaczej śrubowych), które są często stosowane w układach napędowych maszyn z uwagi na takie ich zalety jak wyższa trwałość eksploatacyjna i większa cichobieżność.

Znane urządzenia do nagniatania elementów maszynowych opisano w pracach Przybylski W.: Technologia obróbki nagniataniem. Warszawa: WNT, 1987 oraz Łunarski J.: Wytrzymałość zmęczeniowa części maszyn po wybranych sposobach obróbki powierzchniowej. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 1988. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 17, a także Miśka St.: Zastosowanie śrutowania w wytwarzaniu elementów maszyn górniczych. Gliwice: Pol. Śl., 2002. Seria Górnictwo z. 255. Sposoby i urządzenia opisane w tych pracach nie zapewniają wymaganej intensywności zgniotu niezbędnej dla umocnienia kół zębatych wykonanych ze stali o większej wytrzymałości i twardości warstwy wierzchniej. Opisy patentowe patentów nr 139508 i nr 150864 dotyczą urządzeń, w których stalowe kulki wyrzucane są strumieniem sprężonego powietrza. Urządzenia te napotykają na fizyczne ograniczenia uzyskania większych prędkości strumienia kulek, a więc większych głębokości zgniotu. Wszystkie znane urządzenia do obróbki zgniotem powierzchniowym elementów maszyn nie umożliwiają efektywnego chłodzenia strefy nagniatanej, co ogranicza korzystne skutki obróbki tymi urządzeniami.

Duże obciążenia eksploatacyjne przekładni zębatych są przyczyną występowania uszkodzenia kół zębatych, z których wyłamywanie uzębień jest szczególnie krytyczne, gdyż powoduje awarię i wymuszony postój. W wielu przypadkach stwarza dodatkowo duże zagrożenie, zwłaszcza w przekładniach zębatych pojazdów i maszyn roboczych, w tym szczególnie maszyn dźwigowych. Zdecydowana większość przełomów zmęczeniowych zębów ma swój początek u ich podstawy, gdyż tam występuje stan największego wyężenia materiału. Dodatkowo niekorzystną okolicznością jest występowanie rys obróbczych równoległych do linii zębów, które są następstwem typowych metod nacinania kół zębatych metodą obwiedniową, frezowaniem kształtowym, czy dłutowaniem metodą Fellowsa. Rysy obróbcze stanowią silne karby i od nich rozpoczyna się proces rozwoju pęknięć zmęczeniowych zębów. Występuje więc potrzeba opracowania metody i urządzenia obróbczego, które w sposób efektywny polepsza odporność na pęknięcia zmęczeniowe i eliminuje niekorzystny wpływ rys obróbczych u podstawy zębów. W urządzeniu wg wynalazku cele te osiągnięto przez zabieg intensywnego nagniatania strefy stóp zębów kół zębatych z dużą wydajnością i zapewnieniem skutecznego chłodzenia. Potrzeba chłodzenia strefy obróbki nagniataniem wynika z tego, że praca odkształcenia plastycznego zamienia się na ciepło powodując niekorzystne zjawiska rekrytalizacji struktury poddane zgniotowi oraz relaksację naprężeń własnych ściskających, będący głównym celem obróbki nagniataniem.

Istotą wynalazku jest urządzenie do umacniania kół zębatych, zwłaszcza o zębach skośnych, które charakteryzuje się tym, że posiada korzystnie trzy odchylane głowice z rolkami nagniatającymi ułożyskowanymi na osiach, dociskanyimi sprężynami z nakrętkami regulacyjnymi, zaś koło zębate połączone jest z tłoczyskiem siłownika hydraulicznego poprzez obrotnicę podziałową, a przez dyszę podawana jest ciecz chłodząco-smarująca.

Urządzenie dzięki swojej konstrukcji może być łatwo dostosowane do obróbki kół o różnych rozmiarach, różnych modułach i wykonanych z różnych materiałów, w tym kół stalowych poddanych nawęglaniu i hartowaniu, azotonawęglaniu i azotowaniu. Dla uzyskania wysokiej efektywności umacniania należy stosować rolki nagniatające o profilu roboczym odpowiadającym promieniom przejściowym dna zęba. Po obróbce urządzeniem wg wynalazku może być dodatkowo wykonany znany zabieg śrutowania powierzchni roboczych zębów celem poprawy odporności na niszczenie pittingowe i zużycie ściernie kół zębatych.

Zastosowanie urządzenia umacniającego wg wynalazku pozwala na osiągnięcie dużej poprawy odporności kół zębatych na złamanie zębów, co zwiększa trwałość i niezawodność eksploatacyjną układów napędowych, w których są stosowane koła zębate.

Urządzenie zapewnia dużą skuteczność umacniania strefy przejściowej dna wrębów kół zębatych, dzięki dużym lokalnym naciskom stykowym rolek nagniatających we współpracy z umacnianym kołem zębatym. Umacnianie odbywa się jednocześnie z dwóch stron obrabianego zęba, co eliminuje deformacje powodowane w procesie obróbki. Zastosowanie trzech równomiernie rozłożonych głowic z rolkami nagniatającymi zapewnia pełne równoważenie się sił w czasie obróbki, co dodatkowo sprzyja zachowaniu wysokiej dokładności obróbki, co jest szczególnie istotne w przypadku kół zębatych o cienkich wieńcach.

Urządzenie cechuje się niewielkim zużyciem energii oraz dużą wydajnością, gdyż jednocześnie jest obrabianych sześć promieni przejściowych u podstawy trzech zębów.

Urządzenie do obróbki zgniotem kół zębatych, zwłaszcza o uzębieniu skośnym wg wynalazku w przykładzie wykonania przedstawiono na rysunkach Fig. 1-3.

Na rysunku Fig. 1 przedstawiono przekrój pionowy urządzenia w płaszczyźnie A-A, z pokazaniem położenia obrabianego koła przed rozpoczęciem zabiegu. Rysunek Fig. 2 przedstawia widok urządzenia z góry, natomiast Fig. 3 to przekrój w płaszczyźnie B-B pokazujący położenie rolek nagniatających względem linii zębów koła zębatego o zębach skośnych w skrajnym górnym położeniu obrabianego koła.

Urządzenie posiada mocowane do podstawy **11** oprawy **10**, w których osadzone są głowice **1** z rolkami nagniatającymi **2** ułożyskowanymi na osiach **3**. Korzystnym jest stosowanie trzech opraw **10** równomiernie rozmieszczonych na obwodzie podstawy **11** tak, aby kąty ich położenia względem siebie były możliwie najbardziej zbliżone do 120° . Gdy liczba zębów obrabianego koła zębatego **4** jest podzielna przez trzy, to kąty między oprawami powinny wynosić dokładnie 120° . Takie usytuowanie opraw roboczych zapewnia pełne, wewnętrzne zrównoważenie się sił w układzie urządzenia, bez wystąpienia siły poprzecznej działającej na tłoczysko **8**. Nagniatane koło zębate o zębach skośnych **4** umieszczone jest obrotowo na końcówce tłoczyska **8** siłownika hydraulicznego **18**, i zabezpieczone nakrętką szybko mocującą **21**. Głowice **1** z rolkami nagniatającymi **2** należy odchylić o kąt β odpowiadający kątowi pochylenia linii zębów koła o zębach skośnych (Fig. 3). Kąt β w typowych kołach skośnych mieści się w granicach $\beta = 7-15^\circ$. Nagniatanie promieni przejściowych u podstawy zębów odbywa się w wyniku ruchu tłoczyska **8** siłownika hydraulicznego dwustronnego działania **18** mocowanego w osłonie **20**. Siłownik **18** przemieszcza obrabiane koło zębate **4** z pozycji wyjściowej (Fig. 1) do pozycji końcowej **4a** i z powrotem.

W trakcie ruchu siłownika następuje samoczynny obrót wokół osi luźno osadzonego koła **4** o kąt zależny od szerokości koła, kąta pochylenia zębów β i średnicy koła stóp zębów koła obrabianego. Po wykonaniu nagniatania jednocześnie sześciu promieni przejściowych trzech zębów następuje obrót

obrabanego koła 4 o kąt odpowiadający co najmniej jednej podziałce zębów. Obrót ten jest realizowany przez obrotnicę podziałową 7 łączącą obracane koło 4 z końcówką tłoczyska 8.

W trakcie nagniatania stref stóp zębów następuje natrysk w strefę obróbki cieczy chłodząco-smarującej podawanej przez dyszę 17, a następnie odbieranej przez króciec 9. Jako ciecz chłodząco-smarująca może być użyta emulsja olejowo-wodna skutecznie odbierająca ciepło generowane w procesie nagniatania. Służy też polepszeniu gładkości powierzchni, co eliminuje groźne rysy obróbcze w strefie stóp zębów. Położenie koła 4 regulują elementy dystansowe 15 i 19.

Rolki nagniatające 2 korzystnie jest wykonać ze stali o możliwie wysokiej twardości lub węglików spiekanych, a powierzchnie czynne rolek korzystnie jest poddać polerowaniu. Rolki nagniatające mogą być łożyskowane tocznie (np. łożyska igielkowe lub porowate samosmarne) na łożyskach 16, a położenie rolek regulują podkładki 14.

Siłownik hydrauliczny 18 należy wysterować w taki sposób, aby ruch w jednym kierunku odbywał się przy zwiększonej prędkości i z większym wybiegiem. Wówczas rolki nagniatające po wyjściu z kontaktu z obrabianym kołem obrócą się dodatkowo siłą bezwładności o pewien kąt, co zapewnia równomierność zużycia się rolek i zintensyfikuje ich chłodzenie.

Intensywność nagniatania kół regulowana jest siłą docisku rolek poprzez cechowane sprężyny talerzykowe 5 z nakrętkami regulacyjnymi 6. Ustalanie siły nagniatania odbywa się w ten sposób, że po zluźnieniu nakrętek 13, po doprowadzeniu kontaktu koła 4 z rolkami nagniatającymi ustala się obciążenie nagniatania poprzez pokręcenie nakrętek regulacyjnych 6, po czym należy skasować luz między głowicami 1 a oprawami 10 dokręcając lekko nakrętki 13.

Po wykonaniu nagniatania strefy stóp wszystkich zębów koła możliwe jest powtórzenie całego zabiegu przy obróconym w poziomie kole o 180° i ewentualnie zwiększonym nacisku rolek 2.

Urządzenie wg wynalazku może być wykorzystywane również do obróbki kół o zębach prostych ($\beta=0^\circ$). Można obrabiać koła korygowane i bez korekcji, koła modyfikowane i bez modyfikacji, koła o zazębieniu ewolwentowym i cykloidalnym.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guda', located in the lower right quadrant of the page.