

KOMPLEKSOWE POMIARY FREZÓW OBWIEDNIOWYCH

Michał PAWŁOWSKI¹

1. WSTĘP

Coraz większy rozwój przemysłu energetycznego, w tym siłowni wiatrowych stawia coraz większe wymagania wobec producentów przekładni zębatych jeśli chodzi o dokładność i precyzję wykonania. Pomiar frezów obwiedniowych do wytwarzania kół zębatych jest pomiarem specyficznym, wymagającym od przyrządu pomiarowego spełnienia równie rygorystycznych warunków dokładnościowych, jak w przypadku maszyn do pomiaru samych kół zębatych.

2. PRZEGLĄD METOD POMIAROWYCH

Obecnie technika pomiarowa pozwala mierzyć frezy obwiedniowe trzema metodami:

- Pomiar na maszynie do produkcji kół zębatych
W tym przypadku narzędzie mierzone jest za pomocą końcówki stykowej na maszynie do produkcji kół zębatych. Czas pomiaru jest bardzo długi, a podczas tego procesu drogo zakupiona maszyna zamiast produkować koła zębate, traci czas na pomiary. Należy pamiętać, że maszyny tego typu są najdroższymi maszynami na świecie, a więc czas maszyny stracony na pomiar narzędzi jest czasem przestoju, co wiąże się ze stratami finansowymi, a to przekłada się na wzrost kosztów produkcji kół zębatych. Poza tym aplikacje do pomiaru frezów obwiedniowych na maszynie są niejako „dodatkiem” do samej maszyny i nie zapewniają kompleksowych pomiarów całej geometrii, przez co protokół pomiarowy z badania frezu jest niewystarczający do pełnej oceny jakościowej frezu.
- Pomiar stykowy poza maszyną
Stykowe, specjalizowane maszyny pomiarowe, które dedykowane są do pomiaru kół zębatych, wykorzystywane są również do pomiaru frezów

obwiedniowych. Maszyny te posiadają co prawda możliwości programowe i dokładnościowe, aby w pełni pomierzyć frez obwiedniowy, natomiast bardzo często należy poświęcić bardzo dużo czasu na napisanie programu pomiarowego takiego frezu i próbkowanie punktów, ponieważ stykowa technika pomiarowa jest w tym przypadku dość czasochłonna. Co prawda maszyny stykowe mają możliwość pomiaru kieszeni na płytce skrawające, w które mogą być wyposażone frezy obwiedniowe (od modułu 6), natomiast w przypadku pomiaru stykowego krawędzie skrawającej takiego frezu zachodzi ryzyko, że z pomiaru będzie wynikać, że wymiary ostrza znajdują się w tolerancji, natomiast w rzeczywistości wynik podczas procesu obróbki będzie odbiegał od wartości zmierzonej.

- Pomiar bezstykowy z wykorzystaniem systemu obróbki obrazu
Przemysłowa optyczna technika pomiarowa posiada w przeciwieństwie do technik stykowych możliwość przeprowadzania pomiaru bezstykowego. Takie możliwości istnieją zarówno w przypadku konwencjonalnych narzędzi, jak i frezów obwiedniowych, poza tym w ciągu zaledwie kilku sekund możliwe jest uzyskanie całego profilu narzędzia zbierając z niego tysiące punktów pomiarowych. Nowoczesne systemy obróbki obrazu pozwalają nawet na pomiar narzędzi spiralnych ze skośnie umieszczonymi płytkami oraz kompletny skaning, obliczenie i ocenę rzeczywistego zarysu profilu ostrza narzędzia wzdłuż linii śrubowej. Oznacza to więc nie tylko krótszy czas pomiaru i brak niebezpieczeństwa uszkodzenia ostrza, ale również 100% kontrolę narzędzia, a w szczególności zarysu odwzorowywanego w materiale. Duża liczba punktów pomiarowych pozwala na uzyskanie małych niepewności pomiaru.

3.OPTYCZNO-STYKOWA METODA POMIARU

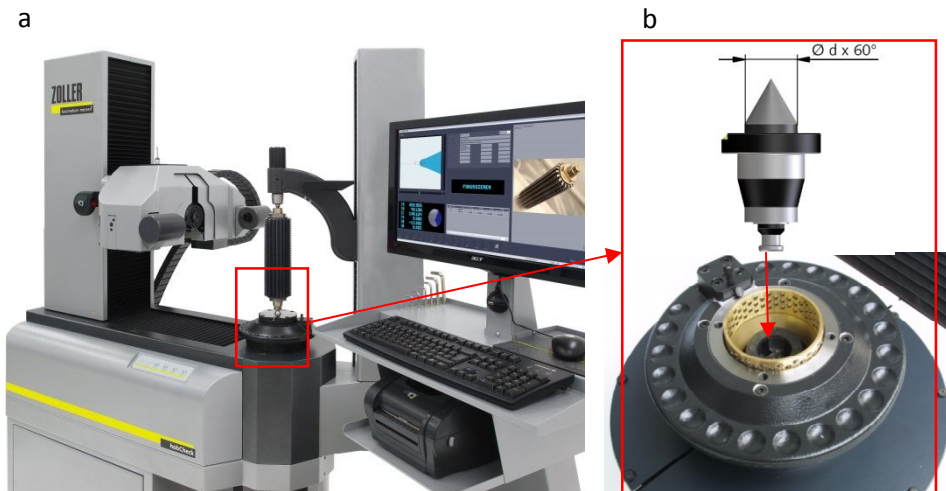
ZOLLER – producent przyrządów do pomiaru, ustawiania i kontroli narzędzi, opracował urządzenie »hobCheck« będące kombinacją stykowej i optycznej techniki pomiarowej.

Przyrząd »hobCheck« (rys. 1a) wykorzystuje sprawdzone rozwiązania istniejące w przyrządach ustawczo-pomiarowych serii »venturion« serii 600 lub serii 800 rozbudowane do sześciu osi [1]. Przyrząd posiada w rezultacie dwie kamery cyfrowe oraz końcówkę stykową, co w połączeniu z sześcioma osiami sterowanymi numerycznie stanowi doskonałe rozwiązanie do kompleksowych pomiarów frezów obwiedniowych zgodnie z wymaganiami normy DIN 3968. Precyzyjna i sprawdzona mechanika w połączeniu ze sprawdzonymi rozwiązaniami systemu obróbki obrazu i oprogramowaniem »venturion« pozwalają na pomiary frezów wykonanych w klasie AAA.

3.1. MOCOWANIE NARZĘDZIA

W korpusie przyrządu znajduje się wrzeciono »A.C.E.« (rys. 1b) (All including Clamping Element) wyposażone w łożyskowy koszyk eliminujący wszelkie luzy mocowania, a także mechaniczny zacisk narzędzia za grzybek. Do mocowania frezów obwiedniowych, stosuje się adapter z kłem o kącie rozwarcia stożka dostosowanym do wielkości mierzonego frezu.

Sprawdzone narzędzie zamocowane jest w kłach, co gwarantuje dokładne, wycentrowane zamocowanie narzędzia, a ponadto daje możliwość pełnego sprawdzenia odchyłek kształtu w tym także ważne odchyłki bicia promieniowego i bicia całkowitego na czopach mocujących frez.



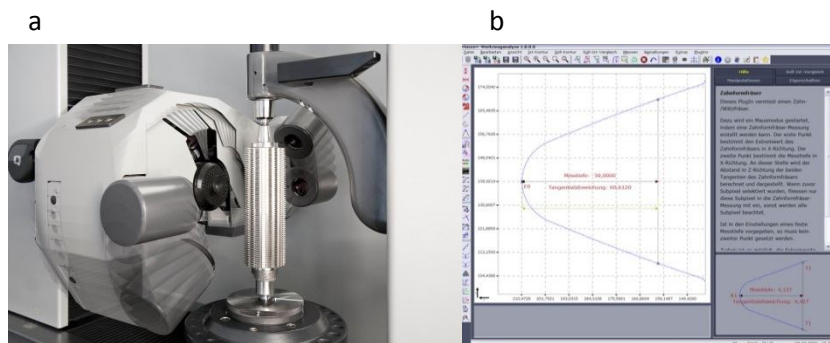
Rys. 1. a) Przyrząd do pomiarów frezów obwiedniowych »hobCheck«
b) System mocowania narzędzia – wrzeciono »A.C.E.«

3.2. POMIARY W ŚWIETLE PRZECHODZĄCYM

Kamera główna pozwala na pomiar wszystkich cech związanych z profilem narzędzia. Dzięki uchylnemu statywowi kamery możliwy jest pomiar profilu zęba wzdłuż linii śrubowej (rys. 2a). Specjalnie do tego zadania zostało opracowane sterowanie oraz opcja pomiarowa koordynująca jednoczesne ruchy osi biorących udział w pomiarze oraz jednoczesne pobieranie obrazu z kamery.

Zaletą tej strategii pomiaru jest możliwość pobrania konturu rzeczywistego ostrza skrawającego wzdłuż linii spirali. Istotne jest to szczególnie w przypadku frezów, których na całkowity kontur składa się kilka ostrzy o różnych kształtach. Dopiero pobranie całego konturu z każdego ostrza i złożenie wszystkich ostrzy w kontur

całkowity (rys. 2b) pozwala szybko wykryć i rozpoznać błędy nałożenia, tolerancje płytek lub błędy montażu i osadzenia.



Rys. 2 a) Uchylny statyw kamery $\pm 30^\circ$
b) Zeskanowany profil zęba wzdłuż linii śrubowej

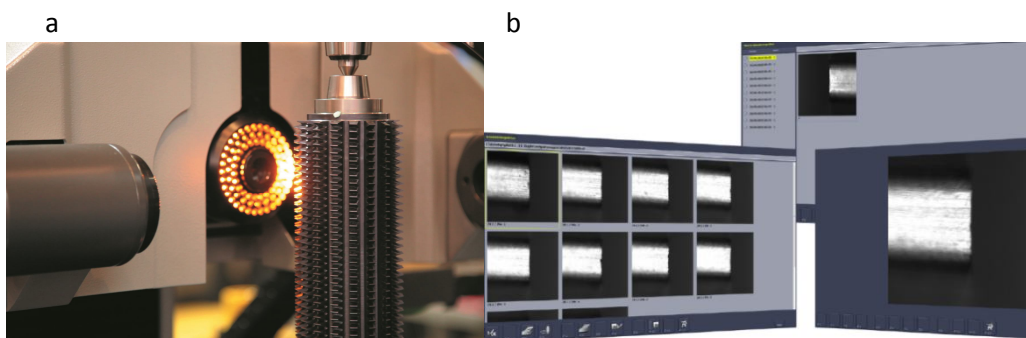
Ponadto istnieje również możliwość sprawdzenia parametrów głowy zęba, takich jak średnica podziałowa, wysokość głowy zęba, wysokość stopy zęba, kąt zęba. Profil zęba może być sprawdzony na podstawie pomiaru porównawczego z modelem CAD.

3.3. POMIARY W ŚWIETLE ODBITYM

Druga kamera odpowiedzialna jest za pomiar geometrii obwodowej, geometrii czołowej narzędzia oraz geometrii rowka wiórowego w świetle odbitym (rys. 3a). Kamera uchylna posiada powiększenie 200x i obiektyw z możliwością ogniskowania w trybie 3D. Dzięki zastosowaniu 8 segmentów mierzalne spektrum narzędzia jest duże i wyraźne, a oświetlenie trudnodostępnych miejsc pomiarowych jest bardzo homogeniczne, co ma wpływ na uzyskanie odpowiednio wysokiej dokładności. Na czas i dokładność pomiaru nie ma również wpływ materiał narzędzia i stopień refleksyjności powierzchni. Oprogramowanie współpracujące z optyką podzielono na moduły dotyczące geometrii na obwodzie od czoła i w przestrzeni wiórowej. Takie rozwiązanie sprawia, że programowanie i wybór opcji pomiarowych jest bardzo przejrzysty i szybki.

Przyrząd wyposażony jest w oś Y, która ma zakres przesuwu $\pm 40\text{mm}$. Pozwala to na penetrację przestrzeni wiórowej i skaning jej oraz możliwość wyznaczenia w dowolnym miejscu wartości kąta natarcia ostrza, a także głębokości rowka wiórowego i średnicy rdzenia. Bardzo ważnymi parametrami w przypadku pomiaru frezu obwodniowego jest również podziałka oraz odchyłki kształtu i położenia na powierzchni natarcia.

Jednym z zastosowań w pomiarze frezów obwiedniowych, kamera ma zastosowanie w kontroli zużycia zębów na powierzchni przyłożenia (rys. 3b). Kamera światła odbitego pozwala na wykonanie zdjęć zębów na obwodzie narzędzia. Opcja ta umożliwia szybką ocenę zużycia zębów i takiego dobrania parametrów szlifowania, aby proces ten trwał jak najkrócej i najefektywniej. Ponadto zdjęcia ostrzy mogą być przyporządkowane dla danego narzędzia i zapisane w historii banku danych. Zdjęcia narzędzi mogą być również wydrukowane na protokole pomiarowym w celach prowadzenia dokumentacji i ewentualnie dalszej analizy zużycia i historii narzędzia.



Rys.3 a) Kamera do pomiaru w świetle odbitym
b) Kontrola zużycia powierzchni przyłożenia zębów frezu obwiedniowego

3.4 POMIARY KOŃCÓWKĄ STYKOWĄ

Z uwagi na duże wymagania dokładnościowe konieczne do precyzyjnego wyznaczania błędów kształtu i położenia frezów obwiedniowych wykonanych w klasie AAA, w przyrządzie zastosowano końcówkę stykową, która działa zamiennie z uchylną kamerą w świetle odbitym. Końcówka stykowa odpowiedzialna jest więc za pomiary odchyłek kształtu położenia na czopach, geometrię rowka wiórowego, kąt natarcia i prostoliniowość rowka wiórowego.

Końcówka stykowa pozwala również na pomiar takich parametrów w kąt rowka wpustowego i określenie zęba referencyjnego frezu obwiedniowego. Pozwala również skontrolować powierzchnię zamka frezu .

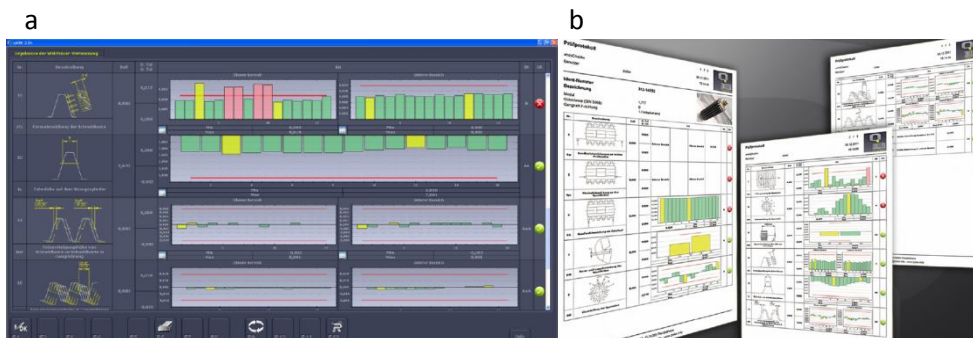
Przyrząd może być wyposażony w końcówkę stykową (rys. 4a) umożliwiającą pomiar kąta natarcia i profilu rowka oraz odchyłek kształtu i położenia frezu obwiedniowego. Dzięki takiemu rozwiązaniu przyrząd pozwala na pomiary kompletnej geometrii frezów obwiedniowych klasy AAA zgodnie z wymaganiami normy DIN 3972.



Rys.4 Sonda stykowa

4. PODSUMOWANIE

W przeciwieństwie do tradycyjnych systemów stykowych, operator otrzymuje rzeczywiste wymiary narzędzia i parametry istotne z punktu widzenia obróbki koła zębatego. Zaproponowane rozwiązanie firmy ZOLLER – przyrząd »hobCheck« wykorzystujący optyczno-stykową technikę pomiarową umożliwia kompleksowy pomiar wszystkich parametrów frezów obwiedniowych zgodnie z normą DIN 3968. Połączenie programów specjalizowanych ze sprawdzoną platformą »pilot 3.0« umożliwia pełną automatyzację pomiarów i ocenę i stopniowanie tolerancji uzyskanych wyników pomiarów według klasy jakości (rys. 5a, 5b). Przyrząd ZOLLER'a spełnia wymagania dotyczące pomiaru frezów obwiedniowych, poza tym pozwala na wszechstronny pomiar i kontrolę praktycznie każdego rodzaju narzędzi.



Rys. 5 a) Okno dialogowe z wynikami b) Protokół z pomiaru frezu obwiedniowego
LITERATURA

- [1] M. PAWŁOWSKI, *Nowe kierunki w pomiarze geometrii narzędzi skrawających*, Obróbka Skrawaniem. Efektywne wytwarzanie. Tom 6 pod redakcją Piotra Cichosza, Wrocław 2012, str. 99-108
[2] Materiały informacyjne firmy ZOLLER